

Федеральное государственное автономное

образовательное учреждение

высшего образования

«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-строительный институт

Кафедра: Автомобильные дороги и городские сооружения

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

В.В. Серватинский

подпись

«16» 06 20 17 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

08.03.01 «Строительство»

08.03.01.0015 «Автомобильные дороги»

На тему: Проект взлетно-посадочной полосы для службы МЧС в

г. Санкт-Петербург

Руководитель

подпись, дата

должность, ученая степень

Л. А. Иванова

Выпускник

подпись, дата

Новиков, 16.06.2017

Я. В. Юсский

Красноярск 2017

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ подписать
инициалы, фамилия
« » 20 г

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Инженерно-строительный институт
Автомобильные дороги и городские сооружения

Студенту Юсхий Яне Вячеславовне

Группа ДС 13-12 Направление (специальность) 08.03.01.00.15

«Автомобильные дороги»

Тема выпускной квалификационной работы: Проект взлетно-посадочной полосы для службы МЧС в г. Санкт-Петербург

Утверждена приказом по университету № 306962 от 30.05.17.

Руководитель ВКР Иванова Л. А., канд. техн. наук, доцент кафедры АД и ГС ИСИ СФУ

Исходные данные для ВКР : оцифрованная карта рельефа, наименование и характеристики самолета, отчет об инженерных изысканиях данного

района.

Перечень разделов ВКР: анализ исходных данных, генеральный план аэродрома, вертикальная планировка аэродрома, продольный профиль, план земляных масс, расчет нежестких аэродромных покрытий,

маркировка.

Перечень графического материала: генеральный план; вертикальная планировка; продольный профиль; план земляных масс; разрезы: 1-1, 2-2, 3-3, конструкция аэродромной одежды; маркировка аэродрома.

Руководитель ВКР

подпись

инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению

подпись, инициалы и фамилия студента

« _____ » _____ 20__ г.

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Инженерно-строительный институт
Кафедра: Автомобильные дороги и городские сооружения

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ В.В. Серватинский
подпись

« ____ » _____ 20 __ г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

08.03.01 «Строительство»

08.03.01.0015 «Автомобильные дороги»

На тему: Проект взлетно-посадочной полосы для служб МЧС в
г. Санкт-Петербург

Руководитель _____
подпись, дата

должность, ученая степень

Л. А. Иванова

Выпускник _____
подпись, дата

Я. В. Юськив

Красноярск 2017

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Анализ исходных данных.....	5
1.1 Характеристика природных условий района строительства.....	5
1.2 Инженерно-геологическое строение.....	7
1.3 Гидрогеологические условия.....	10
2 Генеральный план аэродрома.....	11
2.1 Расчет длины летной полосы в местных условиях аэродрома.....	11
2.1.1 Теоретическая часть.....	11
2.1.2 Определение длины летной полосы для взлета воздушных судов в местных условиях.....	13
2.1.3 Определение длины летной полосы для посадки воздушных судов в местных условиях.....	17
2.2 Физические характеристики аэродрома.....	19
2.3 Препятствия.....	21
2.4 Система светосигнального оборудования.....	23
2.5 Ветроуказатель.....	28
3 Вертикальная планировка аэродрома.....	29
4 Продольный профиль.....	32
5 План земляных масс.....	32
6 Расчет нежестких аэродромных покрытий.....	33
7 Маркировка.....	41
Список сокращений.....	48
Заключение.....	49
Список использованных источников.....	50
Приложение А.....	52

ВВЕДЕНИЕ

Аэродром предназначен для взлета, посадки, руления, обслуживания и размещения самого безопасного транспорта по мировой статистике - самолета, а так же вертолета и планера. Значение авиации с каждым годом увеличивается, следовательно, проектирование аэродрома является актуальным на сегодняшний день и в перспективе на многие годы.

Взлетно-посадочная полоса (ВПП) играет большую роль в обеспечении безопасных и эффективных посадок и взлетов. Поэтому при их проектировании принимают во внимание эксплуатационные и физические характеристики самолета, которые будут эксплуатироваться на данной ВПП.

Главной целью этой работы является получение профессиональных базовых знаний и умений в проектировании ВПП. А так же приобретение самостоятельных навыков в решении инженерных задач.

Для достижения поставленных целей необходимо решить следующие задачи:

- изучить рельеф местности и выбрать наиболее благоприятное место для расположения аэродрома;
- овладеть методами расчета длины ВПП;
- определить основные характеристики элементов аэродрома в соответствии с федеральными авиационными правилами;
- выполнить вертикальную планировку проектируемого участка и назначить наиболее оптимальные продольные и поперечные уклоны;
- подобрать конструкцию аэродромной одежды и рассчитать ее на воздействие нагрузки от самолета;

1 Анализ исходных данных

1.1 Характеристика природных условий района строительства

На основании СП 34.13330.2012 [1, Прил. Б] определяем дорожно-климатическую зону. Район строительства – г. Санкт-Петербург располагается во II зоне.

Климатическая характеристика района проводится по данным метеорологической станции города Санкт-Петербург, преобладает ветер западного направления. Необходимые данные для заполнения таблиц 1,2 и 3 находятся в СП 131.13330.2012 [2].

Таблица 1 – Ведомость климатических показателей

Наименование показателей	Ед.изм.	Величина
Абсолютная температура воздуха	°C	-36
-минимальная		
-максимальная		+37
Средняя температура наружного воздуха холодной пятидневки.	°C	-28
0,98		
0,92		-24
Преобладающее направление ветра:		3
декабрь-февраль		
июнь-август		3
Максимальное из средних скоростей ветра по румбам за январь.	м/с	3,3
Минимальное из средних скоростей ветра по румбам за июль.	м/с	2,8
Среднемесячная относительная влажность воздуха:	%	86
-наиболее холодного месяца		
-наиболее теплого месяца		72
Количество осадков за:	мм	202
-ноябрь-март		
-апрель-октябрь		423
Расчётная толщина снежного покрова обеспеченностью 5%.	м	0,3

Таблица 2 – Повторяемость, % и скорость ветра, м/с

Направление ветра		С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Январь	Повторяемость, %	5	10	9	13	19	18	15	11
	Скорость, м/с	2,6	3	2,4	3,5	4	4,2	3,7	2,7
Июль	Повторяемость, %	9	19	9	8	8	15	22	10
	Скорость, м/с	2,4	2,7	2,2	2,6	2,9	3,2	3,5	2,6

По данным таблицы 2 строим розы ветров соответственно за январь и июль (рисунок 1, 2).

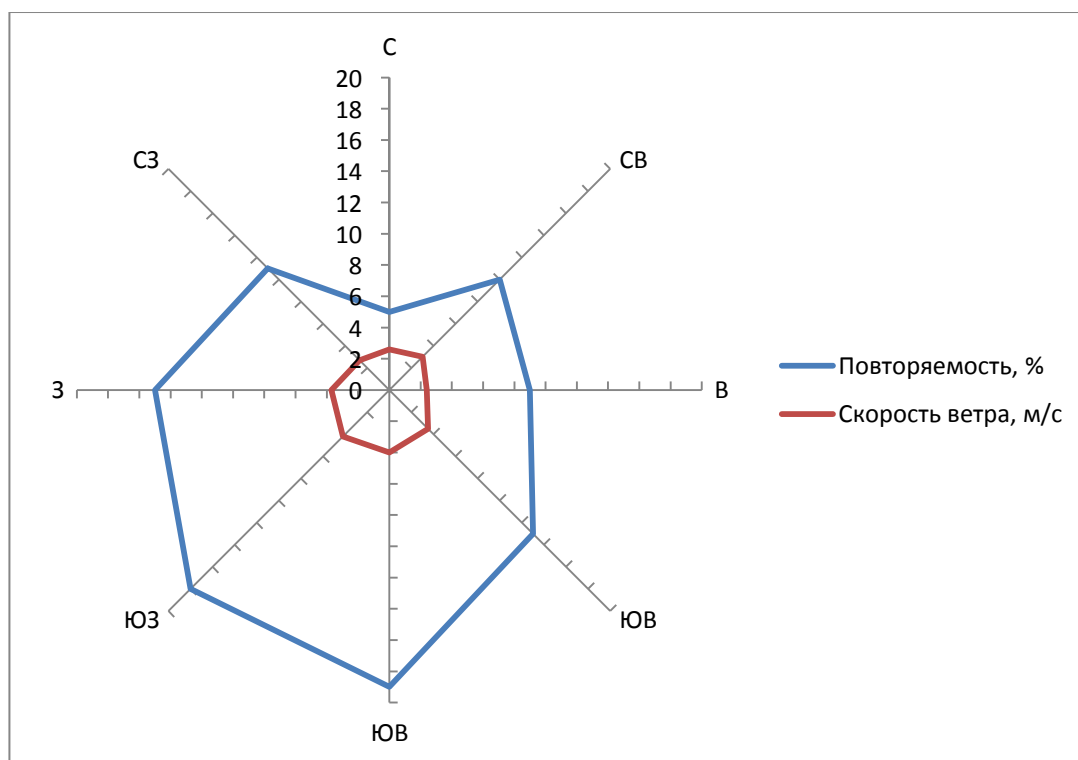


Рисунок 1 – Роза ветров за январь

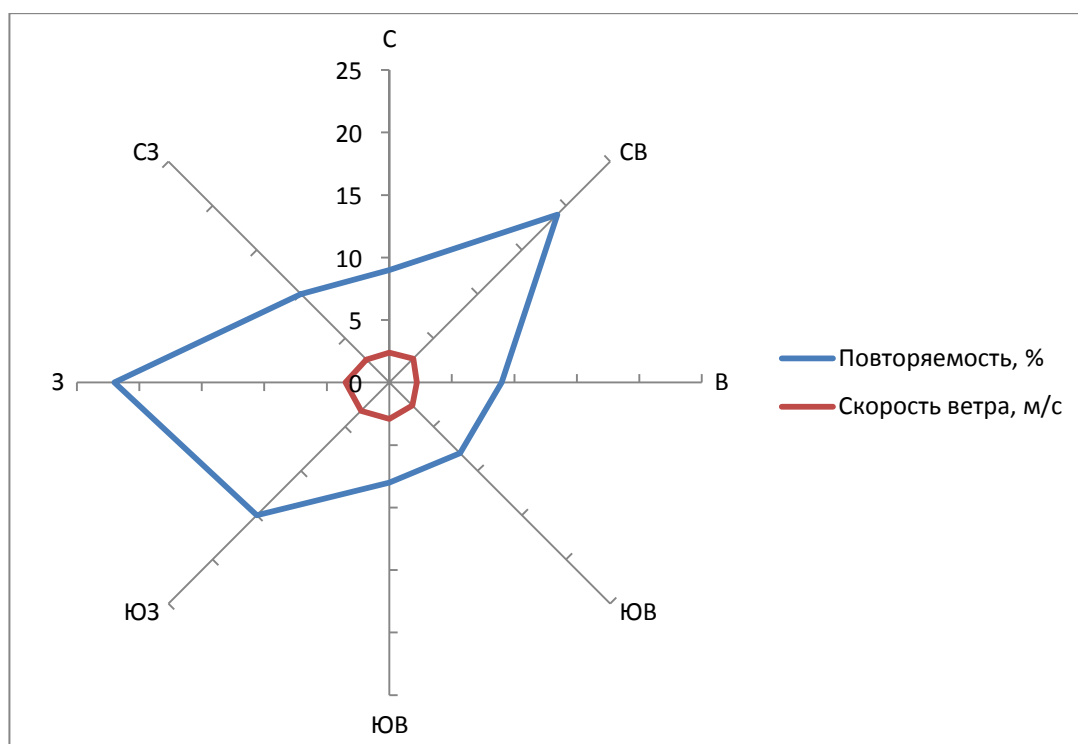


Рисунок 2 – Роза ветров за июль

Таблица 3 – Среднемесячная температура воздуха, °С

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
-7,5	-5,1	1,1	10,1	15,3	16,6	22,4	17,1	12,7	4,9	2,1	-1,2

По данным таблицы 3 строим упрощенный дорожно-климатический график (рисунок 3).

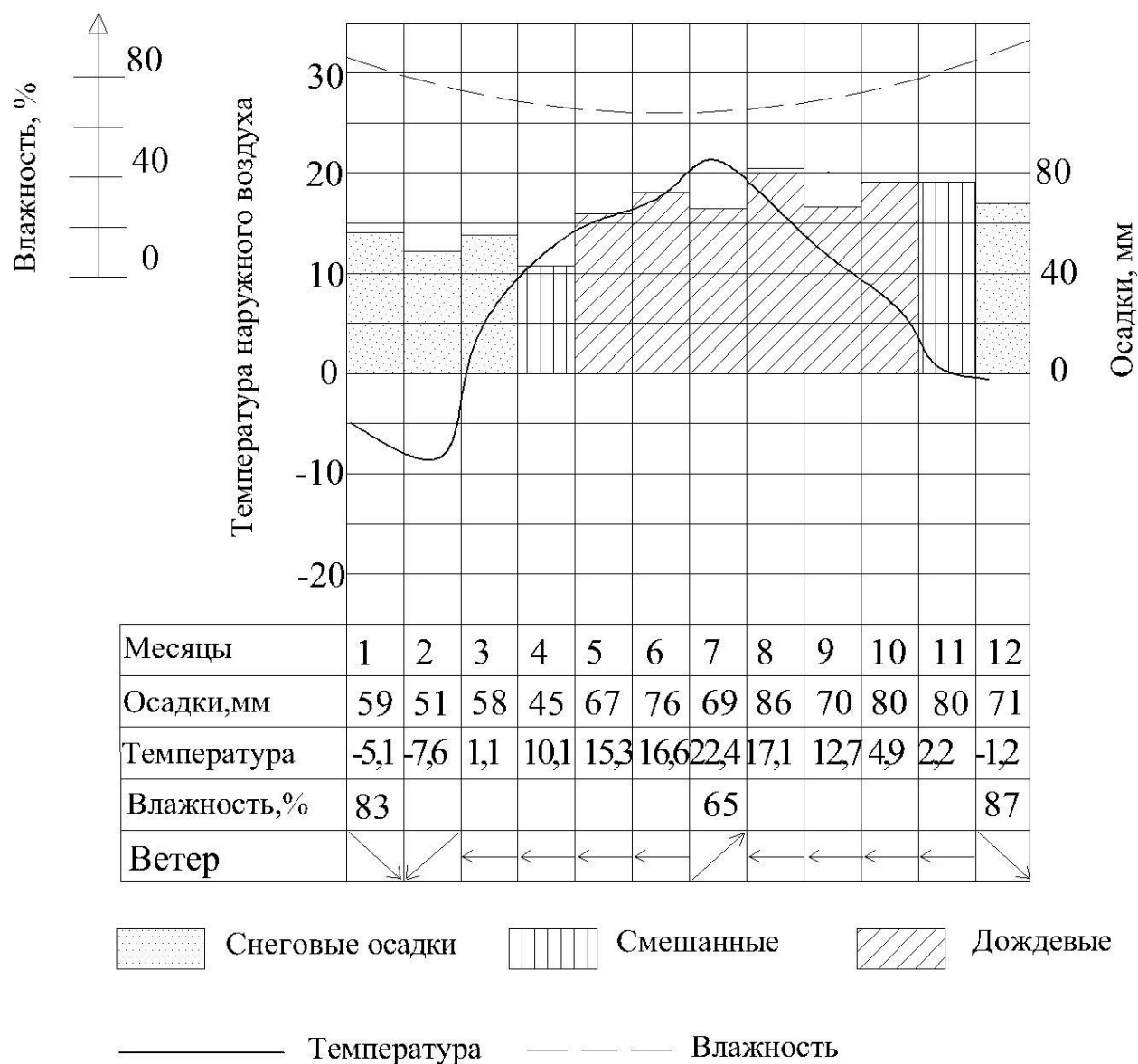


Рисунок 3 – Дорожно-климатический график

1.2 Инженерно-геологическое строение

Геологическое строение площадки представлено современными техногенными образованиями (насыпные грунты), верхнечетвертичными озерно-ледниковыми (глины полутвердые) и ледниковыми (суглинки полутвердые, тугопластичные, супеси пластичные, пески мелкие и гравелистые) отложениями, подстилаемые нижнекембрийскими отложениями (глины твердые дислоцированные и недислоцированные).

Нормативная глубина сезонного промерзания составляет для насыпных грунтов (ИГЭ-1), глин (ИГЭ-2), суглинков (ИГЭ-4,5) – 1.14м,

Для насыпных грунтов (ИГЭ-1а) - 1.49м. Остальные грунты залегают ниже глубины сезонного промерзания.

По степени морозоопасности насыпные грунты (ИГЭ-1а,1), суглинки и глины полутвердые (ИГЭ-1, 2,4,5) - к слабопучинистым (при переувлажнении возможен переход к сильнопучинистым) грунтам (таблица Б.27, ГОСТ 25100-95[3]).

Озерно-ледниковые отложения – IgIII

ИГЭ–2. Глины полутвердые, легкие пылеватые, желтовато-коричневые, с прослоями твердых, песков пылеватых, влажных и насыщенных водой, с редким гравием, с гнездами ожелезнения, на отдельных участках с примесью органических веществ, с растительными остатками.

Глины полутвердые имеют локальное распространение, только в северо-западной и юго-восточной частях площадки. Залегают под почвенно-растительным слоем и насыпными грунтами на глубине 0.4-3.2м

Мощность отложений 0.8-5.0м.

Верхнечетвертичные ледниковые отложения – gIII

Ледниковые отложения встречены повсеместно, залегают под почвенно-растительным слоем и насыпными грунтами, представлены суглинками

полутвердыми и тугопластичными, супесями пластичными, песками гравелистыми.

Пески гравелистые (ИГЭ-3) встречены локально и не выдержаны, как по простирацию, так и по глубине.

Супеси пластичные (ИГЭ-5а) встречены только в западной и юго-восточной части площадки, не выдержаны по простирацию.

ИГЭ –3. Пески гравелистые, плотные, серые, неоднородные, насыщенные водой, с гнездами песков средней крупности, с включением гравия и гальки до 25%.

Рекомендуемое значение коэффициента пористости – 0.450, нормативное значение плотности песков гравелистых, насыщенных водой – 2.14 г/см³.

Пески гравелистые неоднородные, плотные залегают в толще ледниковых суглинков полутвердых (ИГЭ-4) и под суглинками тугопластичными (ИГЭ-5) на глубине 3.4 и 12.6м, мощностью 1.6 и 2.0м.

ИГЭ-4. Суглинки полутвердые и твердые, легкие пылеватые и тяжелые пылеватые, зеленовато-коричневые, с гнездами песков, влажных и насыщенных водой, с гравием и галькой до 10%, с редкой дресвой песчаников.

Прочностные и деформационные характеристики суглинков (ИГЭ-4), рекомендуемые для расчета оснований, приведены по результатам лабораторных испытаний на аналогичные грунты из арх.№ 10916.

Суглинки полутвердые (ИГЭ-4) распространены повсеместно, вскрыты всеми выработками, залегают слоем с поверхности, под почвенно-растительным слоем, насыпными грунтами (ИГЭ-1,1а), на отдельных участках под озерно-ледниковыми глинами (ИГЭ-2), ледниковыми суглинками тугопластичными на глубине 0.0–8.0м. Мощность отложений меняется от 0.9 - 9.0м.

ИГЭ-5. Суглинки тугопластичные, легкие пылеватые, темно-серые и зеленовато-серые, с линзами мягкопластичных, на отдельных участках глин,

с гнездами песков, влажных и насыщенных водой, с гравием и галькой до 5%, с отдельными валунами в нижней части слоя.

Прочностные и деформационные характеристики суглинков тугопластичных (ИГЭ-5), рекомендуемые для расчета оснований, приведены по результатам лабораторных испытаний, на аналогичные грунты из арх.№ 10916.

Суглинки тугопластичные (ИГЭ-5) распространены практически повсеместно, вскрыты большинством выработок. Залегают как слоем, так и линзообразно с поверхности, под насыпными грунтами (ИГЭ-1а,1) и суглинками полутвердыми легкими

пылеватыми (ИГЭ-4) на глубине 0.2–8.8м. Мощность отложений меняется от 0.5м до 13.9м (в т.ч.вскр.).

ИГЭ-5а. Супеси пластичные, пылеватые, зеленовато-серые, с линзами суглинков, с гнездами песков влажных и насыщенных водой, с гравием и галькой до 5%, с редкой дресвой песчаников.

Супеси пластичные, пылеватые вскрыты отдельными скважинами. Залегают слоем небольшой протяженности под суглинками полутвердыми и тугопластичными (ИГЭ-4,5) на глубине 5.3 – 8.0 м. Мощность отложений составляет 1.1-3.1м.

Общая мощность ледниковой толщи изменяется в пределах от 0.9 до 15.8м

Кембрийская система. Нижний отдел eI.

По лабораторным определениям в толще нижнекембрийских глин выделено два инженерно-геологических элемента: глины твердые дислоцированные (ИГЭ – 6) и глины твердые недислоцированные (ИГЭ – 7).

ИГЭ-6. Глины твердые, легкие пылеватые, дислоцированные, зеленые, с редкими прослоями полутвердых, песков пылеватых влажных, с обломками песчаников средней прочности.

Глины твердые дислоцированные (ИГЭ-6) вскрыты рядом скважин, залегают под ледниковыми отложениями на глубине 4.3–13.2 м. Мощность дислоцированной зоны изменяется в пределах от 0.3 до 5.2м.

ИГЭ-7. Глины твердые, легкие пылеватые, зеленые, с тонкими прослоями песков пылеватых влажных.

Глины твердые (ИГЭ-7) вскрыты отдельными скважинами, залегают под ледниковыми отложениями и глинами дислоцированными на глубине 5.8–15.5м. Вскрытая мощность отложений изменяется в пределах от 0.20 до 10.0м.

Грунты названы глинами в соответствии с геологической классификацией дочетвертичных отложений, хотя число пластичности для некоторых образцов соответствует суглинкам.

1.4 Гидрогеологические условия

На период изысканий (ноябрь 2011г. - январь 2012г.) подземные воды встречены большинством скважин на глубине 0.0-4.4м. Воды приурочены к пескам в насыпных грунтах, и песчаным прослоям и гнездам в озерно-ледниковых и ледниковых глинистых грунтах, носят спорадический характер, характеризуются малой водоотдачей, невыдержанностью по простиранию и могут быть вскрыты на любой глубине в любое время года. Воды безнапорные.

В неблагоприятные периоды года (периоды обильных дождей и интенсивного снеготаяния) в верхней части разреза в прослоях и гнездах песков возможно образование вод типа «верховодка».

Питание происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков.

В период изысканий, в мае 1969г., на данном участке напорные подземные воды, приуроченные к пескам гравелистым (ИГЭ-3) были вскрыты в скважине 17 на глубине 3.4 м. Величина напора составила 2.0м. Пьезометрический уровень установился на отметке 18.2м.

Подземные воды среднеагрессивны к бетону марки W4 и слабоагрессивны к бетону марки W6 по содержанию агрессивной углекислоты, слабоагрессивны к бетону марки W4 по водородному показателю, неагрессивны к бетону марки W8 и к арматуре железобетонных конструкций.

Подземные воды обладают высокой степенью коррозионной агрессивности, по отношению алюминиевой и средней - к свинцовой оболочкам кабеля.

Грунты неагрессивны ко всем маркам бетона и к арматуре железобетонных конструкций по всем показателям.

Грунты обладают высокой степенью коррозионной агрессивности по отношению к алюминиевой и свинцовой оболочкам кабеля.

Грунты обладают высокой степенью коррозионной агрессивности к углеродистой стали.

2 Генеральный план аэродрома

Генеральный план аэродрома представлен на листе 1 графической части и выполнен в соответствии с требованиями ФАП-262[4].

2.1 Расчет длины летной полосы в местных условиях аэродрома

2.1.1 Теоретическая часть

На практике длину летной полосы определяют из условия обеспечения безопасности взлета и посадки заданного типа воздушного судна с учетом реальных расчетных условий аэродрома, отличающихся от стандартных. К основным расчетным условиям относятся; плотность, температура и давление воздуха, величина продольного уклона ВПП, Стандартные аэродромные условия - условия, принятые за эталон при определении длин ВПП (идеально сухой воздух, температура воздуха 15%°, атмосферное давление 760 мм.рт.ст. штиль, поверхность ВПП горизонтальная и сухая, покрытие ВПП цементобетонное.

Определение длины летной полосы расчета производится отдельно для взлета и для посадки.

Характеристики воздушного судна (ВС) приведены в таблице 4. Исходные данные для расчета в таблице 5.

Таблица 4 – Характеристики самолета DHC 6 Twin Otter Series 400

Размеры	Значение
Размах крыла (м)	19,8
Длина самолета (м)	15,8
Высота (м)	2,82
Площадь крыла (м ²)	39,02
Число мест	Значение
экипаж	2
максимальное	19
Размеры пассажирской кабины	Значение
Длина (м)	5,6
Максимальная ширина (м)	1,6
Максимальная высота (м)	1,49
Объем (м ³)	10,9
Массы и нагрузки	Значение
Взлетная (т)	5,67
Пустого снаряженного (т)	3,5
Платная нагрузка (т)	2,1
Посадочная (т)	5,57
Запас топлива в стандартной конфигурации (т)	1,25
Запас топлива с дополнительными крыльевыми баками (т)	1,39
Летные данные	Значение
Максимальная крейсерская скорость (км/ч)	337
Максимальная дальность полета в стандартной конфигурации (км)	1435
Максимальная дальность полета с дополнительными крыльевыми баками (км)	1815
Эксплуатационный потолок (м)	3650
Потребная длина ВПП (м)	366
Длина побега (м)	320

Таблица 5 – Исходные данные для расчетов

Тип ВС	Потребная длина ВПП Рвз/пос	Средний уклон ВПП	Температура воздуха в 13 ч дня самого жаркого месяца 13°C	Высота расположения аэродрома над уровнем моря
DHC 6 Twin Otter Series 400	366/320	0,0017	20	113,0

2.1.2 Определение длины летной полосы для взлета воздушных судов в местных условиях

Длина взлетно-посадочной полосы для взлета ВС определяется по формуле

$$L_{\text{ВПП взл}}^{\text{МУ}} = L_{\text{ВПП взл}}^0 \cdot K_t \cdot K_p \cdot K_i, \quad (1)$$

где $L_{\text{ВПП взл}}^{\text{МУ}}$ — длина ВПП для взлета самолета в местных условиях, м;

$L_{\text{ВПП взл}}^0$ — длина ВПП для взлета в стандартных условиях, м;

K_p — коэффициент, учитывающий отклонение расчетного давления воздуха от стандартного;

K_t — коэффициент, учитывающий отклонение расчетной температуры от стандартной;

K_i — коэффициент, учитывающий влияние среднего уклона ВПП на ее потребную длину.

Уклон ВПП против взлета и по взлету ВС соответственно:

$$L_{\text{ВПП взл}}^{\text{МУ}} = 366 \cdot 1,041 \cdot 1,025 \cdot 1,096 = 430 \text{ м}$$

$$L_{\text{ВПП взл}}^{\text{МУ}} = 366 \cdot 1,041 \cdot 1,025 \cdot 0,904 = 353 \text{ м}$$

Коэффициент, учитывающий отклонение расчетной температуры от стандартной:

$$K_t = 1 + \delta_t \Delta t, \quad (2)$$

$$K_t = 1 + 0,01 \cdot 4,1 = 1,041$$

где $\delta_t=0,01$ — поправка на каждый градус отклонения расчетной температуры от стандартной;

Δt — величина отклонения расчетной температуры $t_{расч}$ от стандартной $t_{ст}$:

$$\Delta t = t_{расч} - t_{ст}, \quad (3)$$

где $t_{расч}$ — расчетная температура воздуха для аэродрома, определяется по формуле (4);

$t_{ст}$ — стандартная температура воздуха для аэродрома, определяемая по формуле (5).

$$\Delta t = 18,4 - 14,3 = 4,1^{\circ}\text{C}$$

Расчетная температура воздуха для аэродрома:

$$t_{расч} = 1,07t_{13} - 3^{\circ}\text{C}, \quad (4)$$

$$t_{расч} = 1,07 \cdot 20 - 3 = 18,4^{\circ}\text{C}$$

где t_{13} — среднемесячная температура в 13 ч для самого жаркого месяца в году за многолетний период.

Стандартная температура воздуха для аэродрома определяется по формуле

$$t_{ст} = 15^{\circ}\text{C} - 0,0065H, \quad (5)$$

$$t_{ст} = 15 - 0,0065 \cdot 113,0 = 14,3^{\circ}\text{C}$$

где H — высота аэродрома над уровнем моря, м.

Коэффициент, учитывающий отклонение расчетного давления воздуха от стандартного:

$$K_p = 1 + \delta_p H, \quad (6)$$

$$K_p = 1 + 0,000233 \cdot 113,0 = 1,025$$

где δ_p — поправка на каждый метр превышения аэродрома над уровнем моря. Определяется из условия, что на каждые 300 м превышения аэродрома над уровнем моря длина ВПП увеличивается на 7%;

H — то же самое, что и в формуле (5).

$$\delta_p = 0,07 \div 300 = 0,000233, \quad (7)$$

Коэффициент, учитывающий влияние среднего уклона ВПП на ее требуемую длину:

$$K_i = 1 + \delta_i i_{\text{ср}}, \quad (8)$$

Коэффициент, учитывающий влияние среднего уклона ВПП на ее требуемую длину в случае уклона против взлета и по взлету соответственно:

$$K_i = 1 + 8 \cdot 0,0017 = 1,096$$

$$K_i = 1 - 8 \cdot 0,0017 = 0,904$$

где δ_i — поправка на каждую тысячную долю уклона ВПП, определяется по группам самолетов (таблица 6).

$i_{\text{ср}}$ — средний уклон ВПП, определяется по формуле

$$i_{\text{ср}} = \frac{H_{\text{н}} - H_{\text{к}}}{L_{\text{ВПП}}^{\text{н}}}, \quad (9)$$

$$i_{\text{ср}} = \frac{113,01 - 113,85}{500} = 0,0017$$

где $H_{\text{н}}$, $H_{\text{к}}$ — отметка начала и конца ВПП соответственно;

$L_{\text{ВПП}}^{\text{н}}$ — нормативная длина ВПП по классу аэродрома.

Таблица 6 – Поправка на каждую тысячную долю уклона ВПП

Группа самолетов	Поправка
1	9
2	8
3	8
4	5

Длина концевой полосы торможения (КПТ) для взлета самолета в местных условиях:

$$L_{\text{КПТ}}^{\text{МУ}} = \max \left\{ \begin{array}{l} L_{\text{КПТ ВЗЛ}}^0 K_t K_p K_i \\ L_{\text{КПТ}}^{\text{н}} \end{array} \right., \quad (10)$$

где $L_{\text{КПТ}}^{\text{МУ}}$ — длина КПТ в местных условиях, м;

$L_{\text{КПТ ВЗЛ}}^0$ — длина КПТ в стандартных условиях для взлета, м;

$L_{\text{КПТ}}^{\text{н}}$ — нормативная длина КПТ для данного класса аэродрома, м.

$K_t K_p K_i$ - то же, что и в формуле (1).

$$L_{\text{КПТ ВЗЛ}}^0 = 60 \cdot 1,041 \cdot 1,025 \cdot 0,904 = 57,8 \text{ м}$$

$$L_{\text{КПТ}}^{\text{н}} = 60 \text{ м}$$

$$L_{\text{КПТ}_{\text{max}}}^{\text{МУ}} = 60 \text{ м}$$

2.1.3 Определение длины летной полосы для посадки воздушных судов в местных условиях

$$L_{\text{ВПП пос}}^{\text{МУ}} = L_{\text{ВПП пос}}^0 \frac{K_t}{\Delta}, \quad (11)$$

где $L_{\text{ВПП пос}}^{\text{МУ}}$ — длина ВПП для посадки самолета в местных условиях;

$L_{\text{ВПП пос}}^0$ — длина ВПП для посадки стандартных условиях;

Δ — относительная плотность воздуха.

K_t — то же, что и в формуле (2)

$$L_{\text{ВПП пос}}^{\text{МУ}} = 320 \frac{1,041}{0,97} = 343 \text{ м}$$

Относительная плотность воздуха определяется по формуле

$$\Delta = \frac{0,379 P_{\text{расч}}}{273 + t_{\text{расч}}}, \quad (12)$$

где, $P_{\text{расч}}$ — расчетное атмосферное давление, определяемое по формуле (13);

$t_{\text{расч}}$ — то же, что и в формуле (3).

$$\Delta = \frac{0,379 \cdot 750}{273 + 18,4} = 0,97$$

Расчетное атмосферное давление $P_{\text{расч}}$ определяется по формуле

$$P_{\text{расч}} = P_0 \left(1 + \frac{H}{44300}\right)^{5,256} \approx P_0 - \frac{H}{11}, \quad (13)$$

где P_0 — стандартное атмосферное давление на уровне моря, равное 760 мм.рт.ст. ;

Н – то же, что и в формуле (5).

$$P_{\text{расч}} = 760 - 113,0 \div 11 = 750$$

Длина ВПП для обеспечения взлета и посадки в местных условиях определяется по формуле

$$L_{\text{ВПП}}^{\text{МУ}} = \max \left\{ L_{\text{ВПП взл}}^{\text{МУ}}, L_{\text{ВПП пос}}^{\text{МУ}} \right\}, \quad (14)$$

$L_{\text{ВПП}_{\text{max}}}^{\text{МУ}} = 430\text{м}$ — в условиях уклона ВПП против взлета воздушного судна.

$L_{\text{ВПП}_{\text{max}}}^{\text{МУ}} = 343\text{м}$ — в условиях уклона ВПП в сторону взлета и посадки воздушного судна.

Длина КПП для обеспечения взлета и посадки в местных условиях:

$$L_{\text{КПП}}^{\text{МУ}} = \max \left\{ L_{\text{КПП взл}}^{\text{Н}}, L_{\text{КПП взл}}^{\text{МУ}}, L_{\text{КПП пос}}^{\text{МУ}} \right\}, \quad (15)$$

$$L_{\text{КПП}_{\text{max}}}^{\text{МУ}} = 60 \text{ м}$$

•Примечание 1. Длина летной полосы (ЛП) - летная полоса должна простирается за каждым концом ВПП или КПП, если она предусмотрена, на расстояние не менее 150 м для ВПП классов А, Б, В, Г, Д и 120 м и 60 м для ВПП класса Е.

Длина летной полосы для условий взлета и посадки принимается по максимальной длине ВПП для взлета или посадки и максимальной длине КПП, то есть:

$$L_{\text{ЛП}}^{\text{МУ}} = L_{\text{ВПП}_{\text{max}}}^{\text{МУ}} + 2L_{\text{КПТ}_{\text{max}}}^{\text{МУ}}, \quad (16)$$

$L_{\text{ЛП}}^{\text{МУ}} = 430 + 2 \cdot 60 = 550$ м — в условиях уклона ВПП против взлета воздушного судна.

$L_{\text{ЛП}}^{\text{МУ}} = 343 + 2 \cdot 60 = 463$ м — в условиях уклона ВПП в сторону взлета и посадки воздушного судна.

На основании произведенных расчетов можно сделать следующие выводы:

- с увеличением высоты превышения аэродрома над уровнем моря потребная длина ВПП для взлета и посадки воздушного судна увеличивается;
- уклон ВПП оказывает значительное влияние на потребную взлетную дистанцию, причем уклон против взлета воздушного судна увеличивает эту дистанцию, а уклон в сторону взлета – уменьшает взлетную дистанцию;
- на потребную посадочную дистанцию незначительный уклон ВПП влияния практически не оказывает.

2.2 Физические характеристики аэродрома

Для определения размеров будущего аэродрома необходимо определить его класс. Класс аэродрома, имеющего одну взлетно-посадочную полосу, определяется классом ВПП. Класс ВПП определяется длиной ВПП в соответствии с классификацией, приведенной в приложении N 2 ФАП – 262[4].

Из расчетов в пункте 2 принимаем длину ВПП 430 м, что соответствует классу E – 500 м.

Все последующие физические характеристики аэродрома приведены из ФАП – 262 [4], для E класса.

1) Летная полоса (включающая необорудованную ВПП), простирается за каждым концом ВПП на расстояние 60 м.

2) Часть ЛП, которая включает оборудованную или необорудованную ВПП, расположенная по обе стороны от оси ВПП (на всем протяжении ЛП) должна быть спланирована и подготовлена таким образом, чтобы свести к минимуму риск повреждения воздушного судна при приземлении с недолетом или выкатывании за пределы ВПП. Спланированная часть ЛП простирается от оси ВПП на расстояние 40 м.

3) Ширина ВПП постоянна по всей длине и равна 21 м.

4) В целях определения минимальных параметров: ширины рулежной дорожки (РД), обочин РД, - для каждой РД должны быть установлены индексы самолетов, эксплуатируемых на данных РД аэродрома. Индекс самолета устанавливается по размаху крыла и колес шасси по внешним авиашинам в соответствии с таблицей 1, приведенной в приложении N 4 ФАП -262 [4]. Индекс самолета DHC 6 Twin Otter Series 400 (данные о ВС приведены в таблице 4) равен 1. Ширина РД 7,0 м для ВС индекса 1.

5) Радиус закругления искусственного покрытия РД в месте примыкания к искусственному покрытию ВПП должен быть не менее 10 м для ВС индекса 1. В случае, если поворот самолета с РД осуществляется только в одну сторону, то устройство закругления с другой стороны РД не предусматривается.

6) Расстояние между осевой линией маршрута руления на перроне и неподвижными препятствиями должно быть не менее 16,0 м для ВС индекса 1.

7) Аэродром должен иметь ограждение по всему периметру.

На поверхности ИВПП не должно быть:

- посторонних предметов или продуктов разрушения покрытия;
- оголенных стержней арматуры; уступов высотой более 25 мм между кромками соседних плит и кромками трещин;
- наплывов мастики высотой более 15 мм;

- выбоин и раковин с наименьшим размером в плане более 50 мм и глубиной более 25 мм, не залитых мастикой;

- сколов кромок плит и трещин шириной более 30 мм и глубиной более 25 мм, не залитых мастикой; волнообразований, образующих просвет под трехметровой рейкой более 25 мм (кроме вершин двускатного профиля и дождеприемных лотков);

- участков шелушения поверхности покрытий глубиной более 25 мм; замкнутых понижений поверхности покрытия, заполняемых водой длиной более 10 м, расположенных на пути движения опор ВС.

На поверхности искусственных покрытий РД, перрона, укрепленных участков ЛП, примыкающих к торцам ИВПП, КПП с искусственным покрытием не должно быть:

- посторонних предметов или продуктов разрушения покрытия;
- оголенных стержней арматуры; уступов высотой более 30 мм между кромками соседних плит и кромками трещин;

- наплывов мастики высотой более 15 мм; выбоин и раковин с наименьшим размером в плане более 50 мм и глубиной более 30 мм, не залитых мастикой;

- сколов кромок плит и трещин шириной более 30 мм и глубиной более 30 мм, не залитых мастикой;

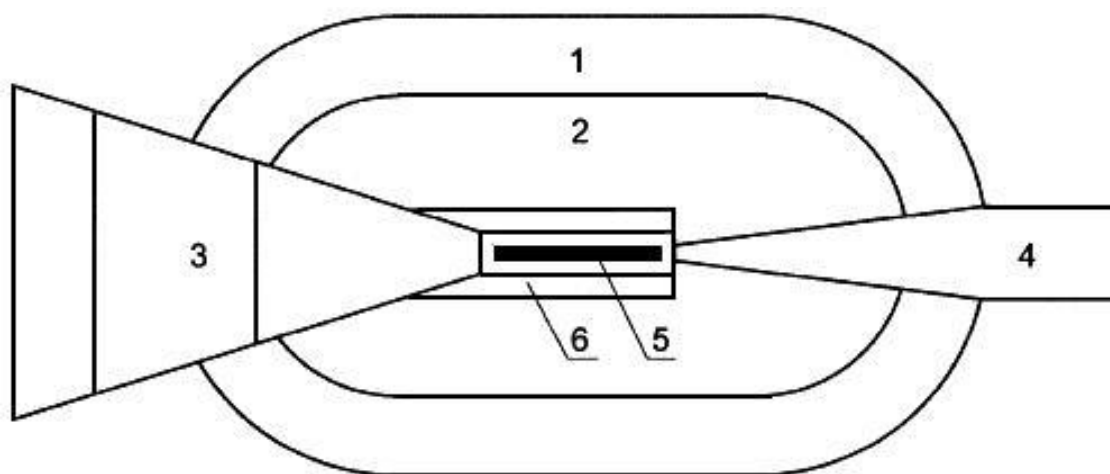
- волнообразований, образующих просвет под трехметровой рейкой более 30 мм по пути движения опор ВС;

- участков шелушения поверхности покрытий глубиной более 30 мм.

2.3 Препятствия

На аэродроме должны быть предусмотрены средства для получения данных о расположении и высоте препятствий, которые могут представлять опасность для выполнения полетов, и установлен контроль за препятствиями как на аэродроме, так и на прилегающей к нему территории.

Для необорудованной ВПП должны устанавливаться следующие поверхности ограничения препятствий (рисунок 4): коническая поверхность; внутренняя горизонтальная поверхность; поверхность захода на посадку; переходная поверхность.



- 1 - коническая поверхность;
- 2 - внутренняя горизонтальная поверхность;
- 3 - поверхность захода на посадку;
- 4 - поверхность взлета;
- 5 - ВПП;
- 6 - переходная поверхность.

Рисунок 4 - Поверхности ограничения препятствий

Относительная высота и наклон поверхностей ограничения препятствий не должны превышать значений, приведенных в таблице 1 приложения N 7 ФАП – 262 [4] , а их размеры должны быть не меньше указанных в этой таблице.

Данные для захода на посадку и для взлета необорудованной ВПП, Е класса приведены в таблицах 7 и 8 соответственно.

Таблица 7 - Размеры, уклоны и относительные высоты поверхностей ограничения препятствий для захода на посадку

Поверхности и их параметры	Необорудованная ВПП, Е класса
Коническая:	
Наклон, %	5
Высота (относительно внутренней горизонтальной поверхности), м	50
Внутренняя:	
Радиус, м	2500
Высота (относительно высоты аэродрома), м	50
Для захода на посадку:	
Длина нижней границы, м	80
Расстояние от порога, м	30
Расхождение в каждую сторону, %	10
Первый сектор:	
Длина, м	1600
Наклон, %	3
Переходная:	
Наклон, %	20

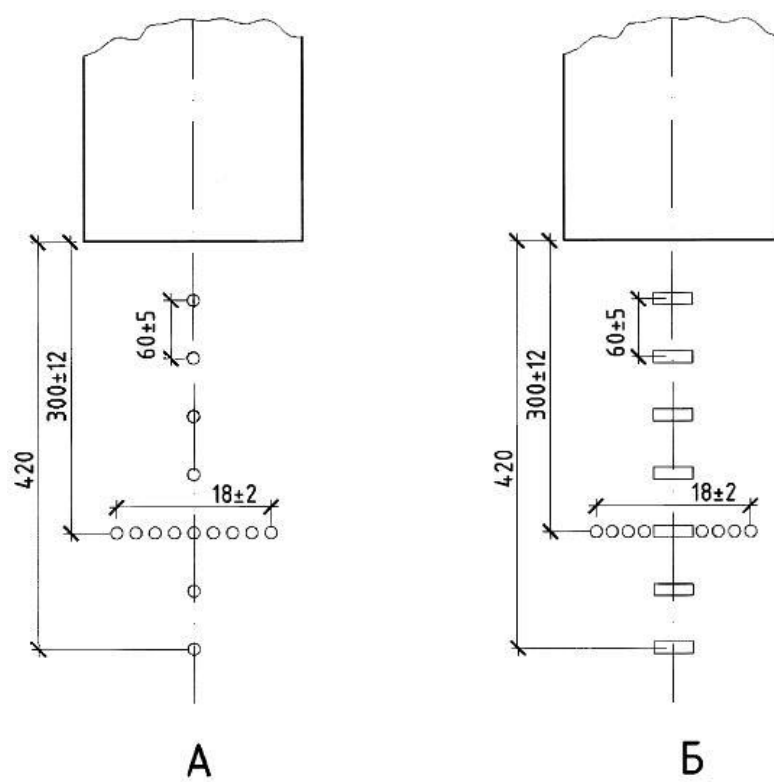
Таблица 8 - Размеры и наклоны поверхности взлета

Параметры поверхности взлета	ВПП, Е класса
Длина нижней границы, м	60
Расхождение в каждую сторону, %	12,5
Длина, м	7000
Длина верхней границы, м	1810
Наклон, %	3

2.4 Система светосигнального оборудования

ВПП, используемая в ночное время, а также днем в сложных метеоусловиях, должна быть оборудована системой светосигнального оборудования (ССО) с огнями малой интенсивности (ОМИ), огнями высокой интенсивности (ОВИ) ОВИ-I, ОВИ-II или ОВИ-III в соответствии с приложением N 8 ФАП – 262 [4]. Так как данный аэродром самого низкого класса, с протяженностью ИВПП равно 430 м, то достаточно использовать только огни малой интенсивности.

1) Подсистема огней приближения состоит из ряда огней, установленных на продолжении осевой линии ВПП (огни центрального ряда) на протяжении 420 м от порога ВПП, и ряда огней, образующих световой горизонт на расстоянии 300 м от порога ВПП. Так как протяженности огней центрального ряда 420 м, то ширина светового горизонта - 18 ± 2 м, (рисунок 5)



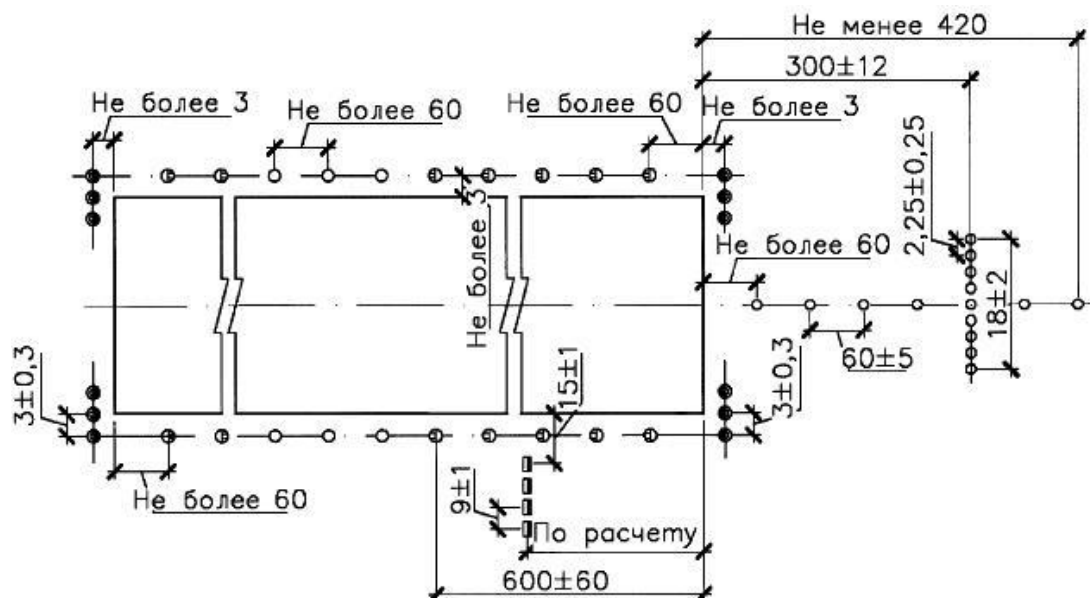
○ - огонь приближения и светового горизонта, белый;

▬ - линейный огонь приближения, белый.

Рисунок 5- Схемы расположения огней приближения системы ОМИ, с протяженностью линии огней центрального ряда, равной 420 м, и уменьшенной шириной светового горизонта

2) Огни светового горизонта располагаются с равными интервалами на горизонтальной прямой, проходящей перпендикулярно линии огней центрального ряда так, чтобы эта линия делила их пополам. Световой горизонт шириной 18 м должен состоять из 8 огней.

5) Боковые огни располагаются вдоль всей длины ВПП двумя параллельными рядами на одинаковом удалении от осевой линии ВПП и на расстоянии не более 3 м от края ее объявленной ширины (рисунок 6).







-  - огонь приближения, посадочный огонь ВПП кругового обзора, белый;
-  - входной ограничительный огонь кругового обзора, зеленый, красный;
-  - посадочный огонь ВПП на последних 600 м кругового обзора, желтый, белый;
-  - глиссадный огонь.

Рисунок 6 - Схема расположения огней ВПП системы ОМИ

6) Боковые огни ВПП располагаются с одинаковыми интервалами не более 60 м. Противоположные огни должны располагаться на линиях, перпендикулярных оси ВПП. В некоторых случаях огни могут располагаться неравномерно или не устанавливаться при условии, что расстояние между соседними боковыми огнями не превышает 180 м.

7) Боковые огни - это огни постоянного излучения в направлении заходящего на посадку или взлетающего воздушного судна белого цвета, за некоторым исключением:

огней у конца ВПП на участке протяженностью 600 ± 60 м или в одну треть длины ВПП, в зависимости от того, что меньше, которые должны быть огнями желтого цвета;

огней между началом ВПП и смещенным порогом, которые должны быть огнями красного цвета.

Вышеизложенные исключения не распространяются на аэродром данной работы.

8) Порог ВПП совпадает с ее торцом, следовательно, входные огни располагаются на прямой, перпендикулярной оси ВПП, не далее 3 м от порога ВПП с внешней стороны от него. Крайние входные огни устанавливаются на продолжении линии боковых огней ВПП.

9) Входные огни должны состоять не менее чем из десяти огней и располагаться с одинаковыми интервалами между рядами боковых огней или двумя группами симметрично осевой линии ВПП. Огни в каждой группе устанавливаются с одинаковыми интервалами. Разрыв между этими группами должен равняться поперечному расстоянию между маркировочными знаками зоны приземления или составлять не более половины расстояния между рядами боковых огней ВПП. До реконструкции систем светосигнального оборудования допускается наличие не менее трех огней в группе с интервалом $3 \pm 0,3$ м.

10) Входные огни ВПП и фланговые входные огни – это огни постоянного излучения зеленого цвета в направлении заходящего на посадку воздушного судна.

11) Ограничительные огни ВПП располагаются на линии, перпендикулярной оси ВПП, не далее 3 м от торца ВПП с внешней стороны от него.

12) Ограничительные огни должны состоять не менее чем из шести огней и располагаться с одинаковыми интервалами между рядами боковых огней или двумя группами симметрично осевой линии ВПП. Огни в каждой группе устанавливаются с одинаковыми интервалами. Разрыв между этими группами должен составлять не более половины расстояния между рядами боковых огней ВПП.

13) Ограничительные огни ВПП являются огнями постоянного излучения красного цвета в направлении ВПП.

14) При отсутствии системы РАРІ/АРАРІ устанавливаются огни знака приземления (рисунок 6 с двух сторон ВПП перпендикулярно линии боковых огней ВПП): на расстоянии порядка 0,1 длины ВПП, но не менее 150 м, от ее порога в количестве не менее трех огней с каждой стороны ВПП класса Е.

15) Интервалы между огнями знака приземления, а также между ближайшим к ВПП огнем знака приземления и линией боковых огней должны быть равными и составлять 2-3,3 м.

16) Огни знака приземления - это огни постоянного излучения белого цвета в направлении заходящего на посадку воздушного судна.

17) Углы установки огней в системах ОМИ показаны в таблице 1 приложения N 15, ФАП – 262 [4].

18) Системы визуальной индикации глиссады должны устанавливаться на обеспечивающих международные полеты ВПП классов А, Б, В, Г (РАРІ) и классов Д и Е (РАРІ или АРАРІ). Система РАРІ (АРАРІ) должна состоять из четырех (двух) огней, установленных с равными интервалами на линии, перпендикулярной оси ВПП, с левой стороны от нее.

Допускается размещение системы с правой стороны ВПП, если установка с левой стороны невозможна, или с обеих сторон ВПП так, чтобы сигналы от обеих групп огней совпадали.

19) В системе РАРІ интервал между огнями составляет 9 ± 1 м. Внутренний огонь устанавливается на расстоянии 15 ± 1 м от края ВПП. В системе РАРІ на ВПП класса Д или Е допускается интервал между огнями 6 ± 1 м, при этом внутренний огонь располагается на расстоянии 10 ± 1 м от края ВПП.

20) Углы возвышения глиссадных огней должны соответствовать параметрам, указанных на рисунке 15 приложения N 14, ФАП – 262 [4].

21) Оси огней (ось системы) РАРІ (АРАРІ) должны быть параллельны осевой линии ВПП. Допускается отклонение осей огней (оси системы) от направления оси ВПП на угол до 5° при необходимости смещения на соответствующий угол поверхности защиты от препятствий.

22) Требования к электропитанию огней приведены в приложении N 17, ФАП – 262 [4].

2.5 Ветроуказатель

Ветроуказатель должен быть установлен на аэродроме класса Е и расположен таким образом, чтобы он был виден с воздушного судна, находящегося в полете или на рабочей площади аэродрома, и так, чтобы на него не оказывали воздействия возмущения воздуха, создаваемые близко расположенными объектами.

Ветроуказатель, показанный на рисунке 7, имеет форму усеченного конуса и окрашивается чередующимися поперечными полосами белого с оранжево-красным или белого с черным цветом.

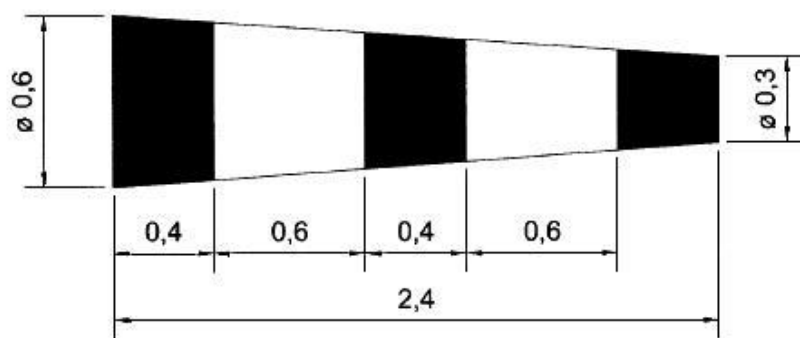


Рисунок 7 - Конус-ветроуказатель

3 Вертикальная планировка аэродрома

Назначение вертикальной планировки аэродрома - изменение естественного состояния рельефа в состояние, обеспечивающее наиболее благоприятные условия для безопасности взлета, посадки и руления самолетов и беспрепятственного стока воды.

Максимально допустимые поперечные и продольные уклоны приведены в главе 3 «вертикальная планировка» СНиП 32-03-96 [6].

Максимально допустимые уклоны элементов с искусственным покрытием для аэродрома Е класса:

Продольные уклоны: ИВПП (среднего участка) - 0,02; ИВПП (концевого участка) – 0,015; РД - 0,03.

Поперечные уклоны: ИВПП – 0,02; РД – 0,02.

Продольный и поперечные уклоны МС и перронов – 0,02.

Максимально допустимые уклоны элементов с грунтовым покрытием для аэродрома Е класса:

Продольный уклон КПП: нисходящий – 0,03, восходящий 0,02.

Поперечный уклон КПП при двухскатном профиле – 0,03.

Для обеспечения надежного стока дождевых и талых вод с поверхности искусственных покрытий поперечный профиль ИВПП необходимо проектировать симметричным двухскатным.

Поперечный профиль ЛП следует проектировать без устройства грунтовых лотков в ее пределах.

Поперечный профиль РД в зависимости от особенностей рельефа местности допускается применять как двухскатный, так и односкатный.

На листе 2 графической части, выполнена вертикальная планировка аэродрома с учетом всех нормативных требований.

Ниже приведена схема(рисунок 8) и пример расчет вертикальной планировки

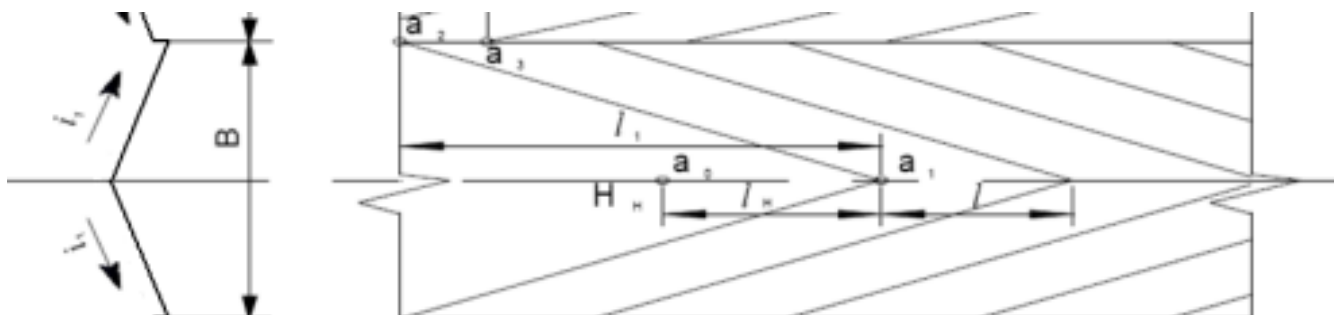


Рисунок 8 – Схема расчета вертикальной планировки

1) Определяют расстояние от начальной точки с известной отметкой (точка a_0) до ближайшей горизонтали (точка a_1) по формуле

$$l_H = \frac{H_H - H}{i}, \quad (17)$$

где H_H – отметка начальной точки;

H – отметка ближайшей горизонтали;

i – уклон.

Откладывают его по оси ИВПП от начального пикета с известной отметкой (точка a_0) до точки a_1 и далее до перелома проектной линии.

2) Определяют величину заложения проектных горизонталей по формуле

$$l = \frac{\Delta h}{i}, \quad (18)$$

где l – заложение проектных горизонталей (расстояние между горизонталями);

Δh – сечение горизонталей (0,1 м);

i –уклон.

Определяют смещение первой горизонтали l_1 за счет поперечного уклона ИВПП (положение точки a_2):

$$l_1 = \frac{B \cdot i_{\text{поп}}}{2i}, \quad (19)$$

где B – ширина ИВПП;

$i_{\text{поп}}$ – поперечный уклон.

Проводят горизонтали, соединяя a_1 и a_2 , в пределах ширины ИВПП. Горизонтали будут находиться друг от друга на расстоянии, равном заложению горизонталей l . Полученные горизонтали подписывают с выбранным шагом. При необходимости участок разбивают на отрезки и для каждого отрезка определяют средний продольный уклон по разности проектных отметок и производят построение горизонталей по изложенному методу.

После выполнения вертикальной планировки имеем следующие уклоны:

Продольные уклоны ИВПП, начиная с конца полосы (пк 4+30): 2‰- 130 м; 4‰- 125 м; 1,8‰- 175 м. Поперечные уклоны двускатного профиля симметричны и одинаковы на протяжении всей длины ИВПП, и равны 15‰.

Продольные уклоны спланированной части ЛП, 3‰- 60 м, 5‰- 60 м. Поперечные уклоны симметричны и одинаковы на всем протяжении, и равны 20‰.

Продольный уклон РД равен 10‰- 75 м. Поперечный уклон односкатного профиля - 4‰на всем протяжении. Обочины РД имеют уклон 15‰- 10 м, на всем протяжении и одинаковы с двух сторон РД.

Продольный уклон перрона равен 7‰- 71 м на всем протяжении и с двух сторон. Поперечный профиль перрона составляет 10‰- 81 м на всем протяжении и с двух стороны. Спланированная часть по периметру перрона, так же имеет одинаковые продольные и поперечные уклоны на всем протяжении: 15‰- 10 м.

Вывод: проведенная вертикальная планировка имеет допустимые продольные и поперечные уклоны, указанные в СНиП Аэродромы. Из-за расположения аэродрома(на сопке) сброс воды идет на рельеф и нет необходимости в устройстве кюветов.

4 Продольный профиль

На основании проведенной вертикальной планировки строится продольный профиль по оси ИВПП (лист 3 графической части). Длина продольного профиля равна 550 м (2·60 +430). Уклоны: 3‰- 60 м; 1,8‰- 175 м; 4‰- 125 м; 2‰- 130 м; , 5‰- 60 м. На ПК 0+40 и на расстоянии 30 м от конца ИВПП имеются инженерно-геологические выработки в виде двух скважин длиной 6 метров каждая. На всем протяжении нет кюветов, это объясняется в выводе пункта 3 – вертикальная планировка аэродрома.

5 План земляных масс

После выполнения вертикальной планировки участка приступают к построению плана земляных масс (4 лист графической части).

Работа ведется в следующем порядке:

- Проектируемый участок разбивают на квадраты, вычерчивая сетку со сторонами 20 м.

- На всех пересечениях сетки определяют черные отметки (под линией сетки справа); красные отметки (над линией сетки справа); рабочие отметки (над линией сетки слева). Рабочие отметки ставят с положительным или отрицательным знаками, если насыпь, то знак положительный, если выемка – отрицательный.

- После определения рабочих отметок определяем точки нулевых работ и строим линию нулевых работ, которая является границей между выемкой и насыпью.

- В каждом квадрате определяем объем выемки и насыпи. Это делается с помощью математических формул, в зависимости от фигуры или используем специальные программы, предназначенные для подсчета объемов работ (программа ZEMMAS). Если линия нулевых работ пересекает квадрат, то объем определяется через площади полученных фигур.

- Следует учитывать объем по откосам. Заложение откоса принимается от естественного грунта. В работе естественный грунт – суглинок, заложение откоса 1:2,75.

- Под каждой колонкой квадратов плана земляных масс приводят таблицу с итоговыми суммарными значениями насыпи и выемки, а после подсчитывают весь объем насыпи и выемки.

В данном проекте объем насыпи составляет $+31216 \text{ м}^3$; объем выемки - 466 м^3

6 Расчет нежестких аэродромных покрытий

Аэродромные покрытия рассчитывают на воздействие нагрузок от воздушного судна конкретного типа.

Аэродромные покрытия рассчитывают по методу предельных состояний. Так как наш класс аэродрома рассчитан для легкого самолета (до 7т), то возможно применение нежестких аэродромных покрытий. Предполагаемая конструкция показана на рисунке 10.

Для нежестких покрытий облегченного типа рассчитывают предельное состояние по относительному прогибу всей конструкции.

При расчете нежестких аэродромных покрытий по предельному относительному прогибу всей конструкции должно удовлетворяться условие

$$\lambda_d \leq \gamma_c \cdot \lambda_u, \quad (20)$$

где λ_d - расчетный относительный прогиб покрытия от нагрузки, определяемый в соответствии с формулой (21);

γ_c - коэффициент условий работы, принимаемый для групп участков аэродромных покрытий (рисунок Л.1 СП 121.13330.2012[8]): А - 1; Б и В - 1,05; Г - 1,1;

λ_u - предельный относительный прогиб покрытия, определяемый по графикам рисунка К.5 СП 121.13330.2012[8] в зависимости от вида грунта, давления воздуха в пневматиках колес и приведенной повторяемости приложения нагрузки.

Расчетный относительный прогиб покрытия от нагрузки определяют по формуле

$$\lambda_d = 0,9 \frac{P_a}{E_{ed}}, \quad (21)$$

где P_a - внутреннее давление воздуха в пневматиках колес, МПа;

E_{ed} - эквивалентный модуль упругости нежесткой конструкции, включая грунтовое основание, МПа

$$E_{ed} = E_{mt} \cdot \varphi_k, \quad (22)$$

где E_{mt} - средний модуль упругости, МПа, многослойной конструкции (включая покрытие, искусственное основание и насыпь) из n слоев в пределах сжимаемой толщи:

$$E_{mt} = \frac{E_1 t_1 + E_2 t_2 + \dots + E_n t_n}{t_{tot}}, \quad (23)$$

φ_k - коэффициент, определяемый по номограмме приложения К СП 121.13330.2012[8]:

$$\varphi_k = \left(\frac{E}{E_{mt}}; \frac{t_{tot}}{D_e} \right), \quad (24)$$

где E_1, E_2, \dots, E_n - расчетные модули упругости отдельных конструктивных слоев, МПа;

t_1, t_2, \dots, t_n - толщины отдельных конструктивных слоев, м;

t_{tot} - суммарная толщина конструктивных слоев, м;

E - модуль упругости грунта естественного основания, МПа;

D_e - диаметр круга, м, равновеликого площади отпечатка пневматика одноколесной эквивалентной нагрузки, рассчитываемый по формуле (25).

Диаметр круга, равновеликого площади отпечатка пневматика одноколесной эквивалентной нагрузки:

$$D_e = 2 \sqrt{\frac{F_e}{\pi P_a}}, \quad (25)$$

где F_e - одноколесная эквивалентная нагрузка, МН, заменяющая

силовое воздействие многоколесной опорной нагрузки, которую принимают

равной F_d при $t_{tot} \leq \frac{a}{2}$, $F_n k_d \gamma_f$ при $t_{tot} \geq 2a_d$, а в остальных случаях определяют по формуле (26)

P_a - то же, что и в формуле (21).

Одноколесная эквивалентная нагрузка:

$$F_e = 10^{\left(\frac{\lg n_k \cdot \lg \frac{2 \cdot t_{tot}}{a}}{\lg \frac{4 \cdot a_d}{a}} + \lg F_d \right)}, \quad (26)$$

где n_k - число колес на опоре;

a - минимальное расстояние между ближайшими колесами главной опоры в свету, м.

t_{tot} - то же, что и в формуле (24).

$$a = a_T - 2 \sqrt{\frac{F_d}{1,4 \pi P_a}}, \quad (27)$$

F_d - расчетная нагрузка на колесо, МН:

$$F_d = \frac{F_n}{n_k} K_d \cdot \gamma_f, \quad (28)$$

где F_n - нагрузка на основную опору расчетного воздушного судна (или нормативная нагрузка), МН;

K_d, γ_f - коэффициенты соответственно динамичности и разгрузки, определяемые по таблице 7.11 СП 121.13330.2012[8];

a_t, a_d - соответственно расстояние между осями ближайших колес в опоре и максимальное расстояние между колесами в основной опоре, м, принимаемые по рисунку 9 в зависимости от схемы расстановки колес в опоре.

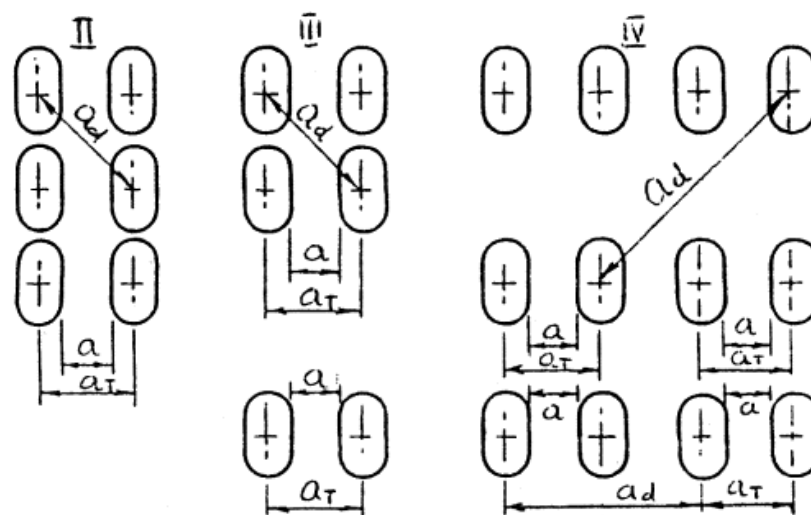


Рисунок 9 - Схема к определению эквивалентной одноколенной нагрузки

При расчете прочности покрытия воздействие нагрузок от различных типов воздушных судов следует приводить к эквивалентному воздействию расчетной нагрузки через приведенную повторяемость приложения нагрузки N_r , но учитывая, что в данной работе предполагается только один тип воздушного судна, приведенную повторяемость приложения нагрузки считаем по формуле

$$N_r = N \cdot n_a, \quad (29)$$

где n - число типов воздушных судов, включая расчетное;

N - среднесуточное число взлетов воздушного судна;

n_a - число осей на опоре воздушного судна; в расчете прочности по предельному относительному прогибу принимают 1.

Необходимые расчетные данные:

1) Характеристики нагрузок (таблица 7.9, СП 121.13330.2012[8]).

Категория нормативной нагрузки для аэродрома – VI; нормативная нагрузка на опору $F_n=50$ кН; внутреннее давление воздуха в пневматиках

$R_a=0,4$ МПа.

Геометрические параметры главной опоры $a_t=3,8$ м; $a_d=4,9$ м; $a=3,5$ м (рисунок 9).

Среднесуточное число вылетов принимаем равным 10.

2) Характеристики материалов (все данные взяты из приложения И, СП 121.13330.2012[8]).

Асфальтобетонная смесь плотная, марки I, тип Б - модуль упругости 3200 МПа; Черный щебень уложенный по заклинке – модуль упругости 600 МПа; Песчано-гравийная смесь – модуль упругости 280 МПа; Грунт естественного основания – суглинок. Модуль упругости - 34 МПа.

3) Расчетные коэффициенты (принимаем по таблице 7.11, СП 121.13330.2012[8]).

Коэффициент динамичности $K_d=1,1$.

Коэффициент разгрузки $\gamma_f=1,0$.

Коэффициент условий работы $\gamma_c=1,05$.

4) Конструирование.

С учетом требований для данного класса аэродрома, представленных в СП 121.13330.2012 [8] для расчета принимаем конструкцию покрытия, показанную на рисунке 10.

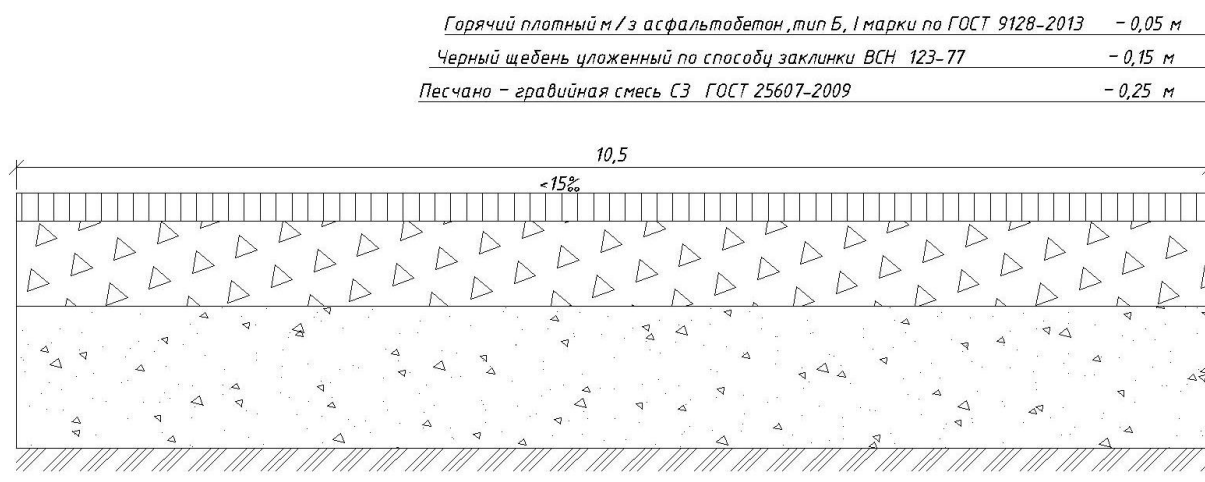


Рисунок 10 – Конструкция аэродромной одежды

Расчет:

1) Определение одноколенной эквивалентной нагрузки.

а) расчетная нагрузка на колесо, по формуле (28)

$$F_d = \frac{50}{3} \cdot 1,1 \cdot 1 = 18,3 \text{ кН}$$

б) параметр "а" (по рисунку 9 и по формуле 27) при $a_t=3,8$ м:

$$a = 3,8 - 2 \sqrt{\frac{18300}{1,4 \cdot 3,14 \cdot 0,4 \cdot 10^6}} = 3,6 \text{ м}$$

в) одноколенная эквивалентная нагрузка (по формуле (26)), при $a_d=1,22$ м:

$$F_e = 10^{\left(\frac{\lg 6}{4 \cdot 4,9} \cdot \lg \frac{2 \cdot 0,45}{3,6} + \lg 18,3 \right)} = 10^{0,626} = 4,2 \text{ кН}$$

Величина одноколенной эквивалентной нагрузки будет равна расчетной нагрузке на колесо $F_e=F_d=18,3$ так как $t_{\text{tot}} < a/2$ $0,45 < 1,8$.

2) Определим диаметра круга, равновеликого площади отпечатка пневматика одноколенной эквивалентной нагрузки, по формуле (25)

$$D_e = 2 \sqrt{\frac{18300}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 10^6}} = 0,76 \text{ м}$$

3) Приведенная повторяемость приложения нагрузок, по формуле (29)

$$N_r = 10 \cdot 1 = 10$$

4) Расчет принятой конструкции (рисунок 10) по предельному относительному прогибу

а) определяем средний модуль упругости многослойной конструкции по формуле (23)

$$E_{mt} = \frac{3200 \cdot 0,05 + 600 \cdot 0,15 + 280 \cdot 0,25}{0,45} = 711,1 \text{ МПа}$$

б) вычисляем отношения (формула (24)) и по вычисленным отношениям с помощью номограммы (приложение К, СП 121.13330.2012[8]) находим коэффициент:

$$\varphi_k = \left(\frac{34}{711,1}; \frac{0,45}{0,76} \right) = (0,048; 0,6) = 0,16$$

г) эквивалентный модуль упругости конструкции нежесткого покрытия по формуле (22)

$$E_{ed} = 711,1 \cdot 0,16 = 113,8$$

д) расчетный относительный прогиб покрытия по формуле (21)

$$\lambda_d = 0,9 \frac{0,4}{113,8} = 0,0032$$

е) предельный относительный прогиб покрытия определяем по графикам, приведенным в приложении К сп аэродромы при $P_a = 0,85$ МПа и $N_r = 15$ находим $\lambda_u = 0,0056$;

5) проверяем выполнение условия (20):

$$0,0032 \leq 1,05 \cdot 0,033$$

$$0,0032 \leq 0,0035$$

Вывод: условие прочности покрытия по предельному относительному прогибу обеспечено, следовательно, данная конструкция аэродромной одежды может быть использована.

В приложении А приведена локальная смета стоимости материалов аэродромной одежды.

7 Маркировка

Маркировка аэродрома показана на 6 листе графической части и выполнена в соответствии с требованиями ФАП – 262 [4].

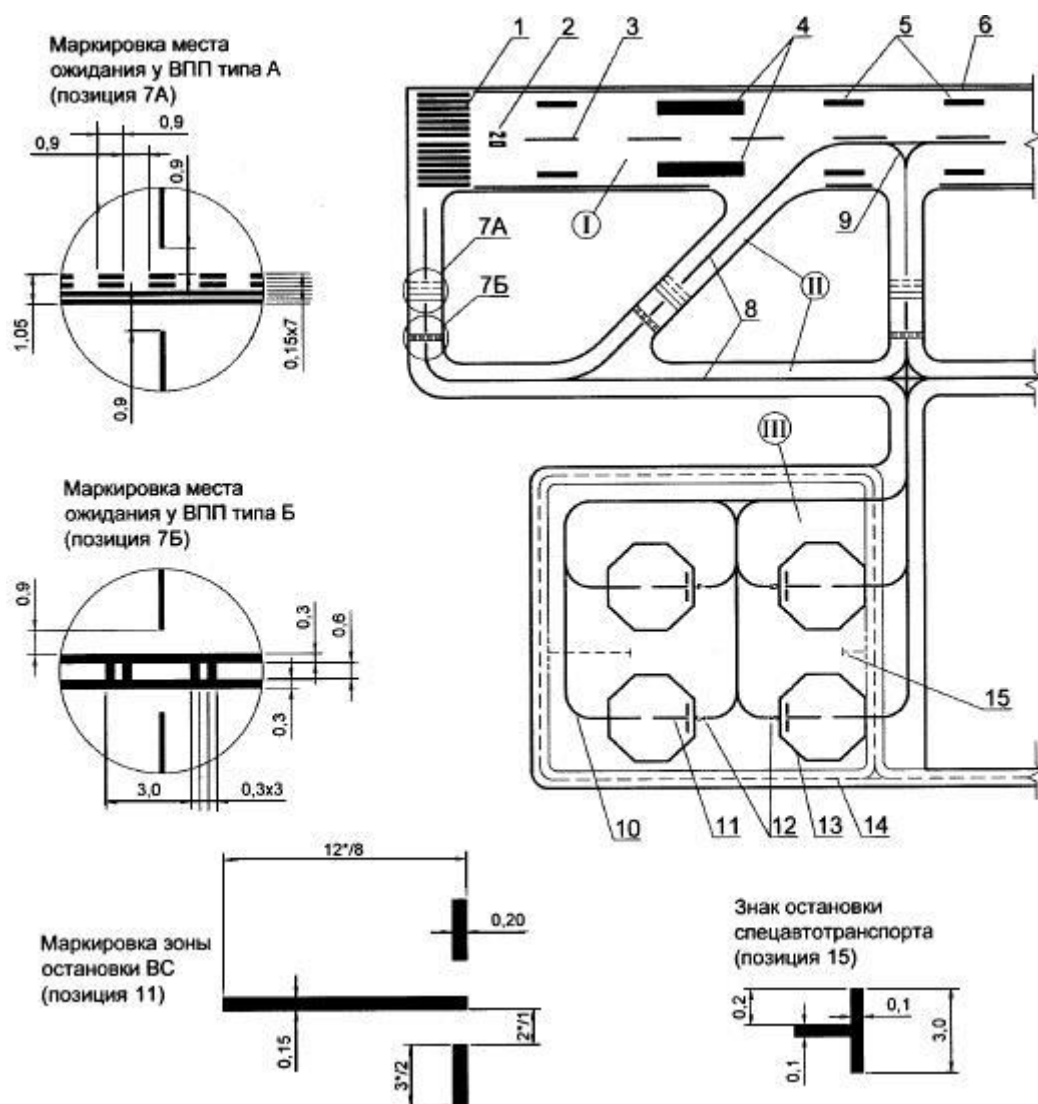
1) На покрытии ВПП нанесены маркировочные знаки, изображенные на рисунках 11 и 12, которые соответствуют рисункам приложения N 9, ФАП – 262 [4]:

- пороги;
- осевые линии;
- посадочные магнитные путевые углы (ПМПУ);

2) Маркировка осевой линии ВПП наносится по ее оси. Маркировочные знаки ВПП белого цвета.

3) На покрытии РД нанесены маркировочные знаки, изображенные на рисунке 11:

- осевые линии;
- места ожидания у ВПП (для РД, примыкающих к ВПП);
- участки сопряжения РД и ИВПП;

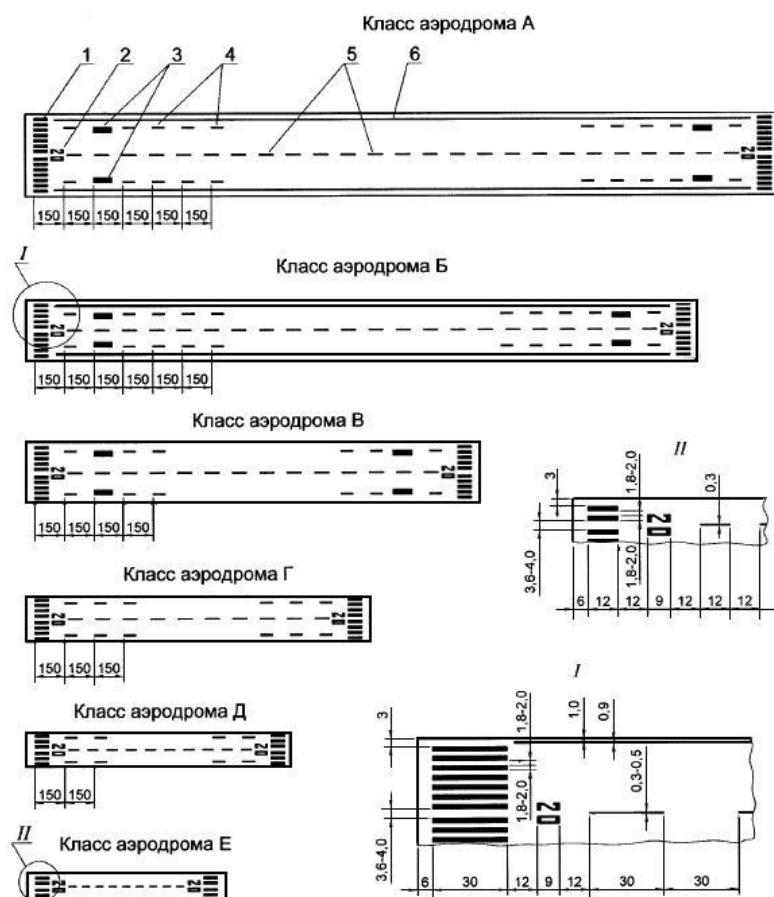


I - взлетно-посадочная полоса с искусственным покрытием; II - рулежные дорожки; III - перрон.

- | | |
|--|--|
| 1 - порог ИВПП; | 8 - оси руления ВС на РД; |
| 2 - цифровой знак ПМПУ; | 9 - участок сопряжения РД с ВПП; |
| 3 - осевая линия ИВПП; | 10 - пути руления ВС по прямой и кривой; |
| 4 - зона фиксированного расстояния; | 11 - Т-образный знак остановки ВС; |
| 5 - зона приземления; | 12 - номер стоянки ВС; |
| 6 - край ИВПП; | 13 - контур зоны обслуживания ВС; |
| 7А - маркировка места ожидания у ВПП типа А; | 14 - пути движения спецавтотранспорта; |
| 7Б - маркировка места ожидания у ВПП типа Б; | 15 - Т-образный знак остановки спецавтотранспорта. |

Примечание: числитель дробей, отмеченных звездочками, обозначает размеры маркировочных знаков аэродромов классов А, Б, В, знаменатель - размеры маркировочных знаков аэродромов классов Г, Д.

Рисунок 11 - Схема маркировки аэродрома



- 1 - порог;
- 2 - цифровой знак ПМПУ;
- 3 - фиксированное расстояние;
- 4 - зона приземления;
- 5 - осевая линия;
- 6 - край.

Примечание: размеры даны в метрах.

Рисунок 12 - Схема маркировки ИВПП

Маркировка осевой линии РД на прямолинейных и криволинейных участках, а также на пересечениях РД, выполнены в виде сплошной линии шириной 0,15 м.

4) На прямолинейном участке РД маркировку осевой линии наносим по продольной оси.

На криволинейном участке РД маркировка осевой линии должна быть нанесена по кривой максимально возможного для данных условий радиуса.

5) Маркировка мест ожидания у ВПП, не оборудованных РМС, представлена на рисунке (11) тип А, и наносится с соблюдением следующих требований:

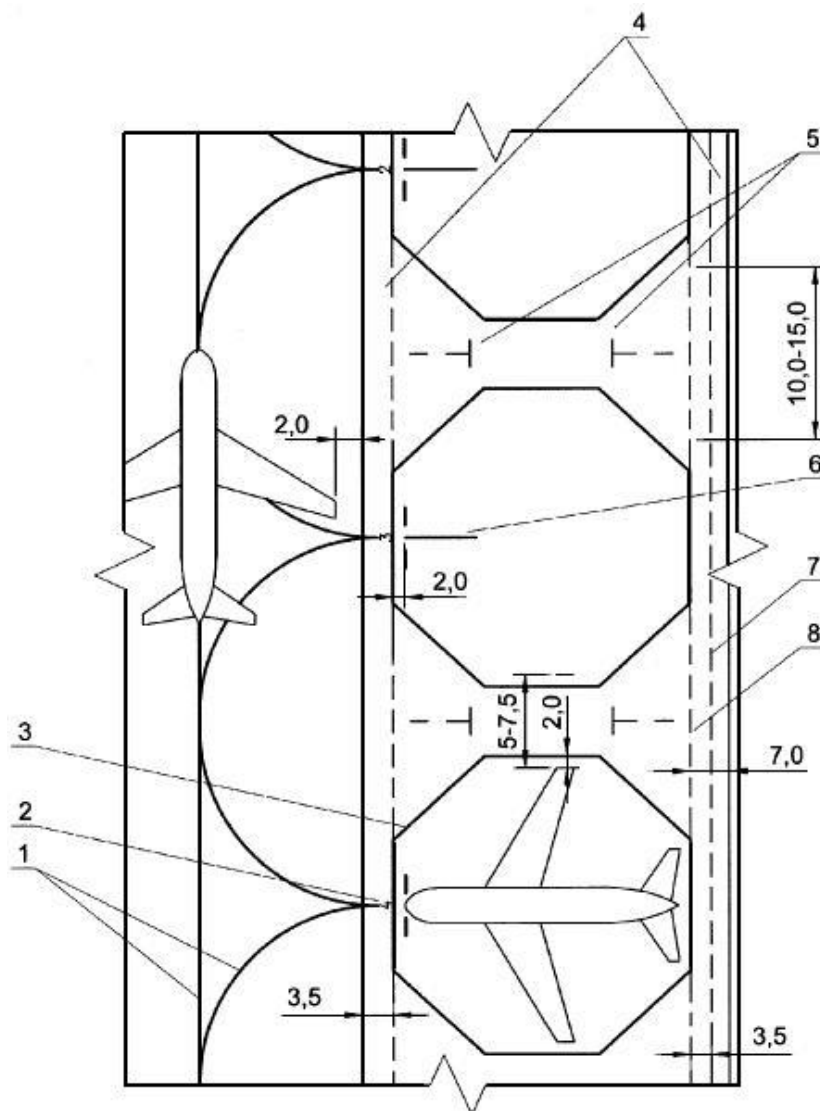
расстояние от осевой линии ИВПП до знака места ожидания ВС составляет 41 м для ИВПП класса E;

ни одна из частей ВС не располагается в пределах спланированной части летной полосы.

6) Маркировочные знаки РД - желтого (оранжевого) цвета. В случае недостаточного контраста маркировочных знаков для руления ВС на искусственных покрытиях РД и перронах разрешается их окантовка черной краской.

7) На покрытии перронов и мест стоянок нанесены следующие маркировочные знаки (рисунок 13):

- оси руления ВС (линии заруливания, разворота, выруливания);
- разделительные оси путей движения спецавтотранспорта;
- Т-образные знаки остановки ВС;
- номера стоянок;
- контуры зон обслуживания ВС;
- пути движения спецавтотранспорта;
- знаки остановки спецавтотранспорта;
- знаки разрешения на въезд и выезд спецавтотранспорта.



- 1 - оси руления ВС;
- 2 - номер стоянки ВС;
- 3 - контур зоны обслуживания ВС;
- 4 - пути движения спецавтотранспорта;
- 5 - Т-образный знак остановки спецавтотранспорта;
- 6 - Т-образный знак места остановки ВС;
- 7 - разделительная ось пути движения спецавтотранспорта;
- 8 - знак разрешения на въезд и выезд спецавтотранспорта.

Примечание: размеры даны в метрах.

Рисунок 9 - Схема маркировки перрона

8) Форма и размеры Т-образного знака остановки ВС (носовой части) приведены на рисунке 11. Расстояние между поперечной линией Т-образного знака и прямолинейной осью руления ВС должно составлять не менее половины размаха крыла и безопасное расстояние (от 4 до 7,5 м). Расстояние между Т-образными знаками составляет не менее размаха крыла с учетом безопасного расстояния (от 5 до 7,5 м).

9) Номер места стоянки (далее - МС) наносится на расстоянии 2,0 м впереди Т-образного знака.

10) Контур зоны обслуживания ВС наносится сплошной линией шириной 0,15 м в виде восьмиугольника, размеры которого, как правило, соответствуют габаритам эксплуатируемых ВС, а линии наносятся не ближе 2,0 м от крайних габаритных точек ВС.

11) Маркировочные знаки перрона и мест стоянок должны быть следующих цветов:

- желтого (оранжевого) - для осей руления ВС, Т-образных знаков места остановки ВС и номеров стоянок;
- красного - для линий контуров зон обслуживания ВС;
- белого - для путей движения и знаков остановки спецавтотранспорта.

Для всех аэродромов пути движения спецавтотранспорта для маркируют двумя сплошными линиями шириной 0,1 м, которые обозначают ширину проезжей части равной 7,0 м - при двустороннем движении спецмашин и 3,5 м - при одностороннем движении. Двусторонние пути маркируют разделительной пунктирной линией шириной 0,1 м и шагом 1,0 м.

Односторонние и двусторонние пути движения спецавтотранспорта могут наноситься как перед стоящими ВС, так и за ними, на расстоянии не менее 2,0 м от крайних точек эксплуатируемых ВС.

Сплошная линия прерывается и заменяется пунктирной в местах разрешенного въезда спецавтотранспорта в промежуток между стоянками ВС.

Между местами стоянок ВС маркируется Т-образный знак, обозначающий место остановки спецавтотранспорта перед подъездом к ВС для его обслуживания. Знак "Т" располагается на расстоянии не ближе 10 м от крайних габаритных точек стоящих рядом ВС. Форма и размеры Т-образного знака места остановки спецавтотранспорта приведены на рисунке 11.

Заземляющие устройства на МС маркируют в виде красного (оранжевого) круга диаметром 0,3 м с обводкой белого цвета шириной 0,1 м.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ВПП – взлетно-посадочная полоса;

ИГЭ – инженерно-геологический элемент;

ВС – воздушное судно;

КПТ – концевая полоса торможения;

ЛП – летная полоса;

РД – рулежная дорожка;

ИВПП – искусственная взлетно-посадочная полоса;

ССО – система светосигнального оборудования;

ОМИ – огни малой интенсивности;

ОВИ – огни высокой интенсивности;

ПМПУ - посадочные магнитные путевые углы;

МС – место стоянки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В самом начале мы поставили для себя цель: получить профессиональные базовые знания и умения в проектировании ВПП. А так же приобрести самостоятельные навыки в решении инженерных задач.

Для достижения поставленных целей были решены следующие задачи:

- изучен рельеф местности и выбрано наиболее благоприятное место для расположения аэродрома;
- приобретен навык метода расчета длины ВПП;
- определены основные характеристики элементов аэродрома в соответствии с федеральными авиационными правилами;
- выполнена вертикальная планировка проектируемого участка и назначены наиболее оптимальные продольные и поперечные уклоны;
- подобрана конструкция аэродромной одежды и проверено ее на воздействие нагрузки от самолета путем расчета;

С главной поставленной целью мы справились.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85 – Введ. 01.07.2013 – Москва: Мин-во регионального развития Российской Федерации, 2013.

2 СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99* - Введ. 01.01.2013 – Москва: Мин-во регионального развития Российской Федерации., 2013.

3 ГОСТ 25100-95 Грунты. Классификация – Введ. 01.07.1996 – Москва: Стандартиформ, 1996.

4 ФАП-262 Приказ Министерства транспорта РФ от 25 августа 2015 г. N 262 "Об утверждении Федеральных авиационных правил "Требования, предъявляемые к аэродромам, предназначенным для взлета, посадки, руления и стоянки гражданских воздушных судов" – Введ. 25.08.2015 – Москва: Мин-во транспорта, 2015 г.

5 Гавриленко Т.В. Вертикальная планировка [Электронный ресурс]: <http://road-project.okis.ru>

6 СНиП 32-03-96 Аэродромы. – Введ. 30.04.1996 – Москва: Минстрой России, 1996 г.

7 Руководство по проектированию вертикальной планировки аэродромов гражданской авиации – Москва: Министерство гражданской авиации, 1981 г.

8 СП 121.13330.2012 Аэродромы. Актуализированная редакция СНиП 32-03-96 – Введ. 01.01.2013 – Москва: Мин-во регионального развития Российской Федерации, 2013 г.

9 Методические указания по проектированию искусственных покрытий аэродромов. – Введ. 7.09.1992 – Москва: Автомобильно-дорожный институт, 1992 г.

10 ТЕР 81-02-27-2001 Территориальные единичные расценки на строительные работы. Автомобильные дороги: [сборник № 27]. СПб: Введ. – 1.01.2002 – Санкт-Петербург: РЦЦС, 2002 г.

11 ТССЦ 81-01-2001 Территориальные сметные цены на перевозки грузов для строительства. - Санкт-Петербург, 2001 г.

12 СТО 4.2–07–2014 Стандарт организации. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной деятельности / Красноярск, 2014 – 60с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Калькуляция транспортных расходов № 1 на 1 тонну песка

Исходные данные:

- 1 Вид отпускной цены — "франко-транспортные средства"
- 2 Вид транспорта — автомобили-самосвалы
- Класс груза, согласно номенклатуре и классификации грузов, перевозимых автомобильным транспортом — первый
[21, разд. 3А, табл. 5, п. 198]
- 4 Коэффициент бездорожья — 1.0117

Составлена в ценах 2001 г.

Обоснование затрат	Наименование операции	Наименование конечных пунктов	Расстояние, км	Формула расчёта	Итого, руб.
1	2	3	4	5	6
ТСЦ 81-01-2001, Ч. I, Кн. 1: АП, 2005 г., разд. 3А, табл. 8, п.14	Перевозка песка а/с 10 т, вне карьера	Карьер - место работы	14	$12,25 \cdot 1,0117$	12,39

Калькуляция транспортных расходов № 2

на 1 тонну гравия

Исходные данные:

- | | |
|---|----------------------------------|
| 1 Вид отпускной цены | — "франко-транспортные средства" |
| 2 Вид транспорта | — автомобили-самосвалы |
| Класс груза, согласно номенклатуре и классификации грузов, перевозимых автомобильным транспортом [21, разд. 3А, табл. 5, п. 66] | — первый |
| 4 Коэффициент бездорожья | — 1.0117 |

Составлена в ценах 2001 г.

Обоснование затрат	Наименование операции	Наименование конечных пунктов	Расстояние, км	Формула расчёта	Итого, руб.
1	2	3	4	5	6
ТСЦ 81-01-2001, Ч. I, Кн. 1: АП, 2005 г., разд. 3А, табл. 8, п.133	Перевозка гравия а/с 10 т, вне карьера	Карьер - место работы	30	$18,19 \cdot 1,0117$	18,40

Калькуляция стоимости материалов

Наименование материала	Ед. изм.	Место отгрузки	Вид цены	Вес единицы брутто, т	Транспортные расходы, руб	Номер КТР	Снабженческо-сбытовая наценка, %	Отпускная цена, руб.	Снабженческо-сбытовая наценка, руб.	Тара, упаковка, реквизит, руб.	Транспортные расходы, руб.	Цена «франко-приобъектный склад», руб.	Заготовительно-складские расходы, руб.	Сметная стоимость, руб.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Песок для строительных работ природный (408-9040)	м ³	Карьер - место работы	ФТС	1,75	12,39	1	—	126,14	—	—	21,68	147,82	2,96	150,78
Гравий для строительных работ (408-9281)	м ³	Карьер - место работы	ФТС	1,7	18,40	2	—	57,29	—	—	31,28	88,57	1,77	90,34
ПГС (песок 65%)		0,65·150,78+0,35·90,34												129,63

Локальная смета № 1

на устройство аэродромной одежды взлетно-посадочной полосы протяженностью 0,43 км в г. Санкт-Петербург

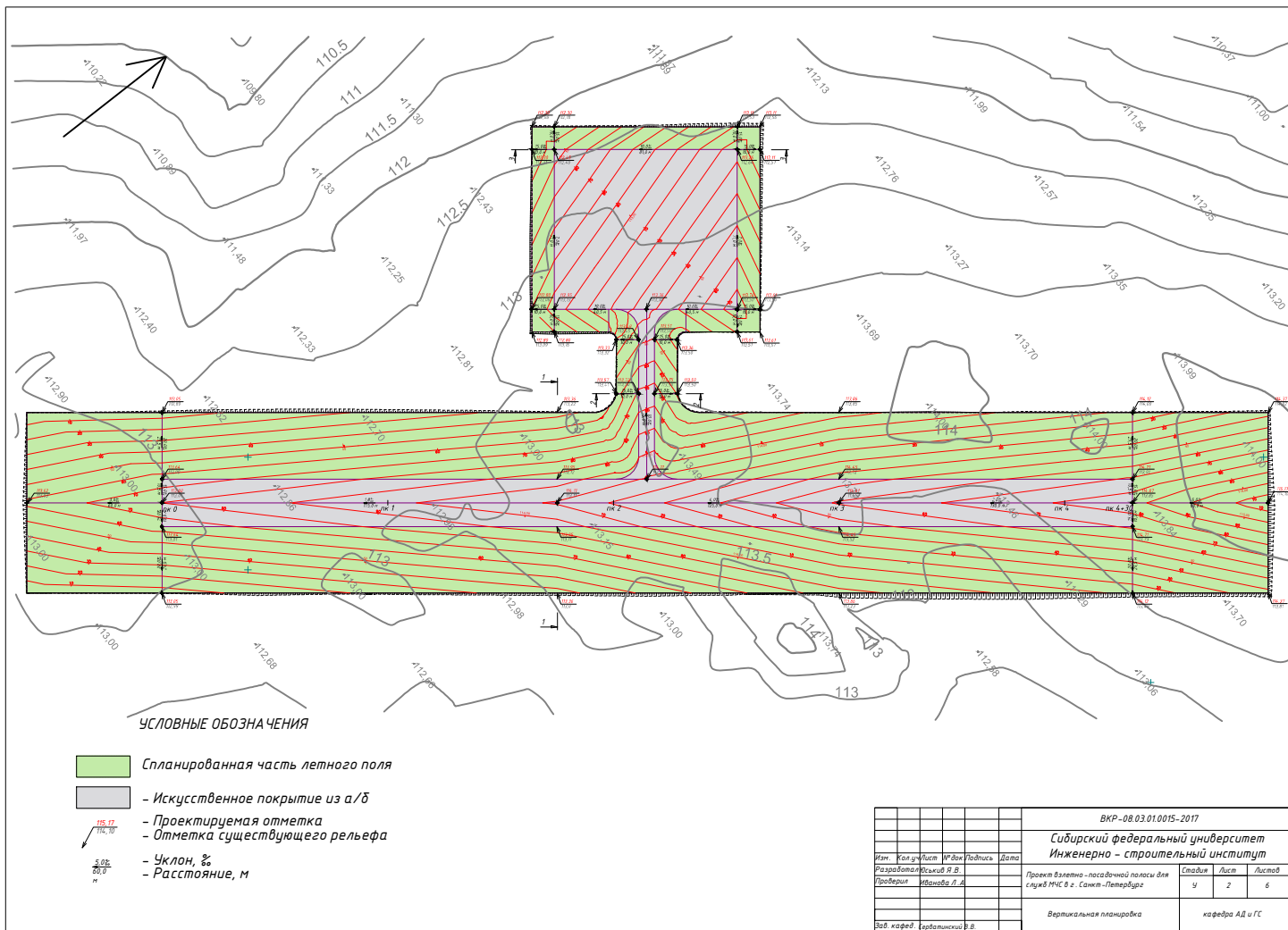
Сметная стоимость, тыс.руб.	975,52
Нормативная трудоемкость, тыс.чел-ч	1,88
Сметная ЗП, тыс.руб.	31,40

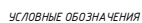
Составлена в ценах 2001 г. (руб.)


№	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работы затрат	Ед. изм.	Количество	Стоимость, руб.		Общая стоимость, руб.			Трудозатраты	
					Прямые затраты	Экспл. машин	Прямые затраты	Зарплата строителей	Экспл. машин	Трудоёмкость строителей, ед, чел.-ч	Трудоёмкость строителей, всего, ед.чел.-ч
					Зарплата строителей	Зарплата машинистов			Зарплата машинистов	Трудоёмкость машинистов, ед, чел.-ч	Трудоёмкость машинистов, всего, ед.чел.-ч
1	2	3	3а	4	5	6	7	8	9	10	11
1	27-04-003-02	Устройство нижнего слоя двухслойного основания из ПГС h- 25 см/ 12см	1000м ²	9,03	1963,86	1681,72	17733,66	2342,92	15185,93	25,74	232,43
					259,46	313,15			2827,74	21,29	192,29
2	КСМ	Стоимость не учтенной единичной расценкой ПГС	м ³	2483,3	129,63		321910,18				

3	27-06-018-3	Устройство верхнего слоя двухслойного основания из черного щебня толщиной 6 см с плотностью каменных материалов 2,5 - 2,9 т/м3 к=15/6=2,5	1000 м2	9,03	2867,58	2540,85	64735,62	6400,69	57359,69	28,41	641,36
					283,53	427,83			3863,30	29,09	262,70
5	27-06-020-1	Устройство покрытия из горячей а/б смеси, плотной, мелкозернистой типа Б, h=5см/4см	1000 м2	9,03	45540,43	3015,10	411230,08	3828,54	27226,35	32,03	289,23
					423,98	288,92			2608,95	19,65	177,41
6	27-06-021-01 к=2	На каждый 0,5 см изменения толщины слоя добавлять к расценке 27-06-029-1	1000 м2	9,03	5251,99	5,74	94850,94	18,06	103,66	0,09	1,63
					1,00	-			-	-	-
7	МДС 81-35-2004	Итого прямых затрат					910460,48	12590,21	99875,64		1163,02
									9300,00		632,40
8	МДС 81-35-2004	Поправка к заработной плате, 60%					13134,13	7554,13	5580,00		
9	МДС 81-35-2004	Итого ПЗ с поправкой к ЗП					923594,60	20144,34	105455,64		
									14880,00		
10	МДС81-33-2004 прил.4 п.21	Накладные расходы, 142 %					18650,46				

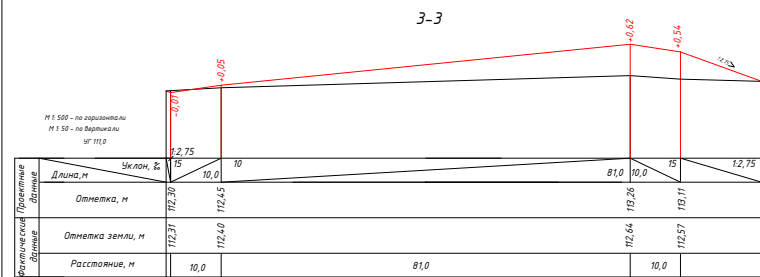
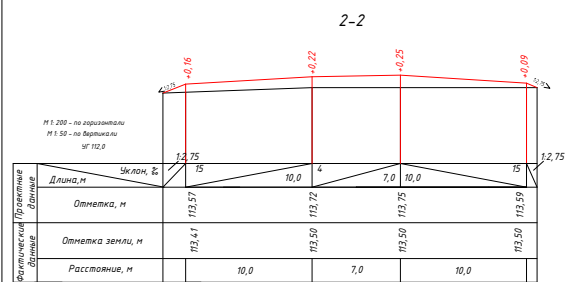
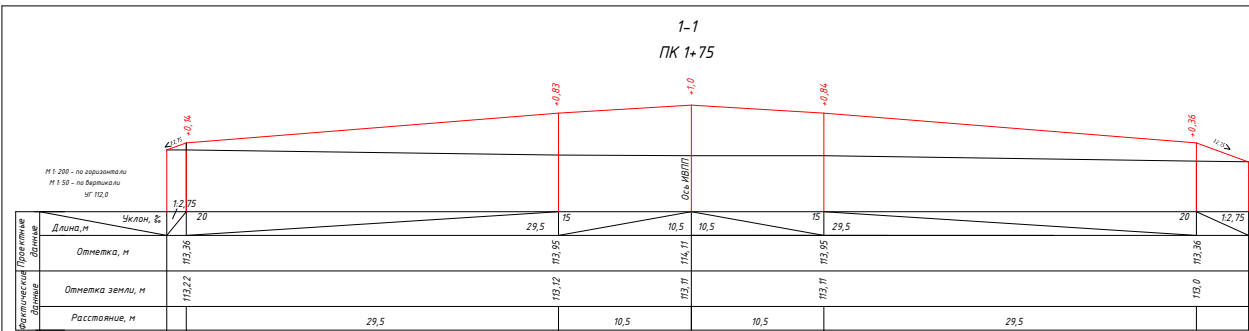
11	МДС 81-35- 2004	Сметная ЗП рабочих, выполняющих работы, учитываемые НР		9511,73			
12	МДС 81-35- 2004	Нормативная трудоёмкость рабочих, учитываемая НР					82,06
13	МДС 81-35- 2004	Себестоимость СМР	942245,06				
14	МДС81 -25- 2001 прил.3 п.21	Сметная прибыль, 95 %	33273,12				
15	МДС 81-35- 2004	Сметная стоимость	975518,18				
16	МДС 81-35- 2004	Нормативная трудоёмкость по смете					1877,48
17	МДС 81-35- 2004	ЗП по смете всего		31401,94			





-  6,0 — Глубина слоя, м
 Скв.6-1 — Номер скважины

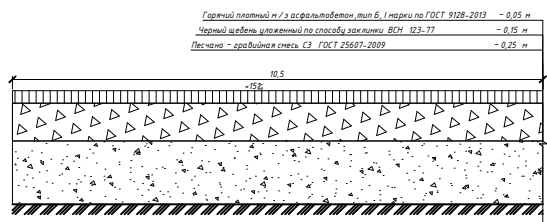
					ВКР - 06.03.01.0015-2017				
					Сибирский федеральный университет Инженерно - строительный институт				
Изм.	Кол.участ.	Место	Подпись	Дата					
Разработчик	Иванов И.В.				Проект научно-исследовательского плана для служб МЧС в г. Санкт-Петербург				
Проверил	Иванова Л.А.				Степень	Лист	Листов		
					4	3	6		
Зад. карточка					Специальный В.В.				
					Продольный профиль				
					каретка АД и ГС				



Конструкция аэродромной одежды

М 1:50 – по горизонтали

М 1:10 – по вертикали



Условие по предельному относительному прогибу
всей конструкции

$$\lambda \Delta \leq \gamma_c \lambda u$$

$$0,0032 \leq 0,0035$$

ВКР-08.03.01.0015-2017					
Сибирский федеральный университет					
Инженерно – строительный институт					
Изм.	Исполн.	Проверил	Дата	Страница	Лист
Разработчик	Иванов П.А.	Проект	Взлетно – посадочной полосы для	У	5
Зам. кафедр	Вершинский Р.В.	Разрезы: 1-1, 2-2, 3-3;	конструкция аэродромной одежды	Л	6

						ВКР - 08.03.010015-2017		
						Сибирский федеральный университет Инженерно - строительный институт		
Имя	Фамилия	Имя	Фамилия	Имя	Фамилия	Средний балл	Абсолютный балл	
Иванов	Иванов	Иванов	Иванов	Иванов	Иванов	У	Б	Б
Петров	Петров	Петров	Петров	Петров	Петров	У	Б	Б
Переводка в программу						кафедра АБ и ГС		